www.dar-alkotob.com دار الكتب

www.dar-alkotob.com دار الكتب

الأسس العلمية
لتغذية الأسماك وتكوين أعلافها

الجـــزء الأول

إعـــداد

أ.د / نبيل فهمى عبدالحكيم
أستاذ الدواجن والأسماك ورئيس قسم
الإنتاج الحيوانى - زراعة الأزهر

أ.د /طارق محمد يونس
أستاذ تغذية الدواجن
زراعة الأزهر

عبدالوهاب عبدالمعز عبدالوارث
مدرس تغذية الأسماك - زراعة الأزهر
(دكتوراه تغذية الأسماك جامعة بليموث - إنجلترا)

د / مجدى عبد الحميد سلطان
أستاذ مساعد الإستزراع السمكى
زراعة الزقازيق - فرع بنها
(مشتهر)

www.dar-alkotob.com دار الكتب

www.dar-alkotob.com دار الكتب

المحتويات

	الصفحة
الباب الأول : مفهوم تغذية الأسماك	١
أ) تطور الإستزراع السمكي	١
ب) أهمية تغذية الأسماك	٣
ج) تغذية الأسماك بالمقارنة بالحيوانات الأرضية	٣
د) التغذية التطبيقية	٥
هـ) المقارنة بين الأسماك والحيوانات المزرعية كمصدر بروتين للأنسان	٦
مستويات الإستزراع السمكي	٩
إولاً: إنتاج الأسماك إنتشارياً من الأغذية الطبيعية	٩
ثانياً: دعم الغذاء الطبيعي بالأغذية السمكية المحضرة	٩
ثالثاً: الاستزراع المكثف للأسماك تحت الظروف الصناعية	١١
الباب الثاني : عناصر الغذاء	١٣
أولاً : احتياجات الطاقة ومصادرها	١٣
ثانياً : الكربوهيدرات	٢٥
ثالثاً : الليبيدات	٢٨
رابعاً : البروتينات	٣٠
خامساً : الفيتامينات	٤٦
سادساً : العناصر المعدنية	١٠٣

www.dar-alkotob.com دار الكتب

الباب الثالث : مصادر الغذاء ومواد العلف المستخدمة فى علائق الأسماك ١٥٢
المصدر الأول : مصادر العلف البروتينية ١٥٢
المصدر الثانى : مصادر الطاقة ١٩٠
المصدر الثالث : مواد العلف الخضراء ٢٠٢
المصدر الرابع : مصادر الأملاح المعدنية ٢٠٤
المصدر الخامس : مصادر الفيتامينات ٢٠٥
المصدر السادس : الإضافات الغير الغذائية ٢٠٦
الباب الرابع : الهضم والامتصاص ٢١٢
تشريح الجهاز الهضمى ٢١٢
اولاً : الهضم ٢٢٨
أ) هضم البروتينات ٢٣٦
ب) هضم الدهون ٢٤٢
ج) هضم الكربوهيدرات ٢٤٥
ثانياً : الإمتصاص ٢٤٩
الباب الخامس : طرق التقييم الغذائى لأعلاف الأسماك ٢٥٢
١- التحليل الكيميائى ٢٥٢
٢- طرق قياس الهضم ٢٥٣
٣- تقدير معدل النمو النسبى ٢٥٦
٤- الإستفادة من الغذاء ٢٥٦
٥- تقييم الغذاء بإستخدام طرق تقييم البروتين ٢٦١
٦- الطرق المستخدمة لتقييم الطاقة الغذائية ٢٦٤

www.dar-alkotob.com دار الكتب

٧- التقييم الاقتصادى	٢٦٤
الباب السادس : التمثيل الغذائى	٢٦٦
التمثيل الغذائى للكربوهيدرات	٢٦٦
تمثيل الدهون	٢٧٢
تمثيل الأحماض الأمينية	٢٧٥
هدم الأحماض الأمينية وإخراج النيتروجين	٢٧٨
معدلات التمثيل الغذائى واستهلاك الأكسجين فى الأسماك	٢٨٣

www.dar-alkotob.com دار الكتب

www.dar-alkotob.com دار الكتب

مقـــدمـــة

مـــع الـــتطور السريع فى أنشطة الاستزراع السمكي بأشكاله وأنماطه المختلفة كأنشـــطة تخلق فرصاً كبيرة للعمل بالإضافة الى ربحيتها المجدية أصبحت هناك حاجة ملحة لتطوير المحددات التكنولوجية لهذا النشاط وذلك لمضاعفة الإنتاج .

وعلـــى المســـتوى العالمى تساهم أنشطة الاستزراع السمكى المختلفة فى زيادة الانتاج العالمى من الأسماك حيث أن الإنتاج من المصادر الطبيعية لايمكن التحكم فى كميته وكذلك فى نوعية الأسماك المصابة من هذه المصادر .

وتـــتجه معظم نظم الاستزراع السمكى حالياً إلى تعظيم وتكثيف الإنتاج من وحدة المساحة المائية المتاحة مما يتطلب زيادة الإعتماد على الأعلاف الصناعية اللازمـــة لـــتغذية الأسماك التى تربى بأعداد كبيرة فى نظم الإستزراع السمكى المكـــثف لـــذلك قمـــنا بإعداد هذا الكتاب الذى يعالج موضوع الاحتياجات الغذائـــية من مركبات الغذاء للأسماك مع الإشارة إلى أعراض النقص فيها وآثار ذلك على الأسماك المرباه تحت النظم المكثفة . كذلك يتناول هذا الكتاب عرضاً لمواد العلف المتاحة للإستخدام مع توصيف لكل مادة علف وإمكانية استخدام كل منها فى تكوين مخاليط أعلاف الأسماك المستزرعة.

فى جمهـــورية مصـــر العربية يمثل إنتاج الاستزراع السمكى حوالى ٤٨ % من الإنـــتاج الســـمكى المحلى الناتج من المصادر السمكية المحلية مما تطلب زيادة الاعتماد على انتاج أعلاف متخصصة للأسماك مع التطور المتزايد فى صناعة هذه الأعـــلاف لذا هذا الكتاب يمد كل من مربى الأسماك ومنتجى أعلافها ببعض المعلومات العلمية والتطبيقية الأساسية لتصنيع وانتاج هذه الأعلاف .

www.dar-alkotob.com دار الكتب

ونـــرجو من الله العلى القدير أن نكون قد حققنا بذلك تغطية بعض المعلومات الـــتى يحتاج إليها المهتمين بهذه الصناعة خاصة وأن أعلاف الأسماك تمثل حوالى ٦٠% من تكاليف الإنتاج السمكى فى عملية الاستزراع .

....والله ولى التوفيق ....

معدو الكتاب

www.dar-alkotob.com دار الكتب

الباب الأول

مفهوم تغذية الأســـــماك

The concept of fish feeding

أ.د/ نبيل فهمي عبدالحكيم

أ) تطورالاستزراع السمكي Evolution of aquaculture

يعتقد أن الاستزراع السمكي بمعنى التربية المنظمة للأسماك قد بدأ في الصين من حوالى ٢٠٠٠ سنة قبل الميلاد والدليل على ذلك هو استزراع أسماك المبروك العادى والذى أرخ له في عام ٤٧٥ قبل الميلاد. وقد أنشأ الرومان بعد ذلك أحواض الاستزراع السمكي فى العقود الأولى من القرن الأول حيث انتشر بناء أحواض المزارع السمكية بعد ذلك فى معظم أوروبا من خلال رجال الدين الذين تولوا نشر هذا النظام من نظم الاستزراع السمكى. عرف استزراع المبروك في شرق أوربا خلال القرنين الثاني والثالث عشر. وفي منطقة جنوب شرق آسيا انتشرت أحواض الاستزراع السمكي طبيعيا على المناطق الساحلية المتاخمة لمناطق استخلاص الأملاح حيث استخدمت أحواض الأملاح في تربية سمكة اللبن Milk fish المعروفة بالتخين وذلك خلال موسم الأمطار وهذا الأسلوب كان قد طبق فى ماليزيا فى عام ١٤٠٠ سنة بعد الميلاد. أما في الولايات المتحدة الأمريكية فإن الاستزراع السمكي قد نقل إليها من إنجلترا قبل عام ١٨٠٠ وقد تركز في تفريخ وتربية أسماك السالمون Trout.

ومـــع بداية القرن العشرين تم استزراع بعض أنواع الأسماك استزراعاً منظما مـــثل اسماك اللبن والمبروك في جنوب شرق أسيا استزراعاً مختلطاً. وفى أوروبا تم

www.dar-alkotob.com دار الكتب

استزراع المبروك منفردا أما البلطي فقد استزرع في أفريقيا خاصة في المناطق الاستوائية كذلك تم استزراع الأسماك البحرية والقشريات في بعض الخلجان البحرية في آسيا وكذلك في بعض المناطق في جنوب شرق آسيا. أما تفريخ اسماك السالمون Salmonids ورعاية الزريعة وإنتاجها فقد انتشر في أمريكا الشمالية وغرب أوروبا وفيما عدا استزراع السالمون فإن أشكال الاستزراع للأسماك الأخرى كانت بصورة منتشرة حيث تركزت المدخلات الاقتصادية لعملية التربية في تسميد الأحواض لتنمية الغذاء الطبيعي أو التغذية البسيطة على بعض مكونات الأعلاف وكانت إنتاجية الأحواض من الأسماك منخفضة نسبياً.

وحدث التطور الكبير في الاستزراع السمكي خلال العقد الأخير من القرن العشرين حيث تم استزراع أنواع جديدة من الأسماك وتم استخدام تقنيات حديثة بالإضافة إلى أن دور البحث العلمي كان قد تعظم في هذه الفترة وتم نقل نتائج البحوث إلى التطبيق بالإضافة إلى أن كم كبير من الاستثمارات كان قد تم توجيهه إلى نشاط الاستزراع السمكي وبناءاً على ذلك تمت الإشارة على هذا التطور في الاستزراع السمكي إلى الثورة الزرقاء وحاليا يعتبر نشاط الاستزراع السمكي من الأنشطة الواعدة التي تدر ربحاً مجزياً على مستوى العالم وقد تطورت مشاريع الاستزراع السمكي تطوراً هائلاً. ومشاريع الاستزراع السمكي يمكنها أن تمد المستهلك بكمية كبيرة من المنتجات المائية والبحرية متمثلة في الأسماك.

بالنسبة لمنتجات المصايد المائية فان المعروض منها وكذلك أسعارها ونوعيتها تتذبذب حيث أن إدارة المصايد في المحيطات والبحار تعتبر صعبة وغير متكاملة مما يجعل التنبؤ بإنتاجيتها صعباً. والمعروض من الأسماك وكذلك المنتج منها يمكن التحكم فيه عند استزراع الأسماك تحت ظروف يمكن التحكم فيها وإدارتها مثلها مثل مشروعات الحيوانات الاقتصادية الأرضية. كذلك يمكن من خلال الاستزراع

www.dar-alkotob.com دار الكتب

السمكى ضمان منتج ذو نوعية عالية حيث أن الأسماك المستزرعة يمكن أن تصل إلى أماكن تجهيزها وهى حية.

ب) أهمية تغذية الأسماك : Necessity of feeding fish

مع تطور الوسائل والطرق التكنولوجية فى الاستزراع السمكى اصبحت الحاجة ملحة إلى زيادة الإنتاج من وحدة المساحة بالإضافة إلى زيادة معدلات نمو أنواع الأسماك المستزرعة وتطلب ذلك رفع مستوى الغذاء الطبيعى المتاح من خلال عمليات التسميد وكذلك الأغذية والعلائق الإضافية سواء من خلال خامات علفية غير مركزة أو مركزة أو تقديم علائق متكاملة لتغطية الاحتياجات الغذائية لهذه الأسماك. ومع الإقلال فى الاعتماد على الغذاء الطبيعى للأسماك أصبح الاعتماد على الأغذية والأعلاف الصناعية الكاملة كبيراً لدرجة أنه أعتبر من محددات هذا النشاط خاصة فى النظم المتطورة للاستزراع السمكى مثل الاستزراع فى الحظائر السمكية net pens أو الأقفاص العائمة suspended cages وكذلك فى الأحواض التتابعية raceways .

جـ) تغذية الأسماك بالمقارنة بالحيوانات الأرضية:

Fish feeding compared to land animals

تأخذ تغذية الأسماك فى بيئتها المائية أبعاداً مخالفة لتلك الخاصة بتغذية الحيوانات الأرضية حيث تتضمن تغذية الأسماك مدى مساهمة الكائنات المائية فى الأحواض كغذاء طبيعي للأسماك وكذلك أثر الغذاء الصناعي علي نوعية المياه ومدى الفقد فى عناصر الغذاء إذا لم تستهلكه الأسماك مباشرة وبالرغم من ذلك فان مضمون التغذية فى الأسماك يعتبر مماثلاً لقرينه المطبق في تغذية الحيوانات الأرضية من ناحية امداد الحيوان بعناصر الغذاء الى المستوى المطلوب لتغطية احتياجاته الغذائية اللازمة للوصول بإنتاجيته إلى الحد الأقصى

www.dar-alkotob.com دار الكتب

الاقتصادي . لذلك فان تطبيق للمعلومات الخاصة بالاحتياجات الغذائية للأنواع السمكية المستزرعة بالإضافة الى الرعاية والإدارة السليمة للمزرعة السمكية تعتبر أساسية لنجاح عملية الاستزراع السمكي .

العناصر الغذائية التي تحتاج إليها الأسماك وكذلك القشريات لكلا من النمو والتكاثر والوظائف الفسيولوجية الطبيعية تماثل تلك التي تحتاج إليها الحيوانات الأرضية فالأسماك تحتاج إلى كل من البروتين والأملاح المعدنية والفيتامينات وكذلك مصادر الطاقة بالإضافة إلى العوامل اللازمة للنمو لكي تنمو وتتكاثر هذه العناصر الغذائية يمكن أن تحصل عليها الأسماك من الكائنات الموجودة طبيعيا في البيئة المائية أو من الأغذية المحضرة صناعياً إذا ما ربيت الأسماك في بيئة صناعية حيث لا يتواجد غذائها الطبيعي مثل (التربية في الأحواض الأسمنتية أو أحواض الفيبرجلاس) في هذه الحالة لابد من أن يقدم لها غذاءاً متكاملاً من كل عناصره أما إذا ربيت الأسماك في الأحواض الترابية حيث يوجد الغذاء الطبيعي بوفرة فان الأعلاف الصناعية تعتبر غذاءاً إضافياً لزيادة النمو وهذه الأعلاف لا يشترط فيها أن تحتوى على جميع عناصر التغذية الضرورية .

وفيما يلي الاختلافات والفروق الملحوظة بين الأسماك والحيوانات الأرضية :-

١- احتياجات الأسماك كحيوانات من ذوات الدم البارد أقل من احتياجات الحيوانات ذات الدم الحار من الطاقة وبالتالي تتغذى الأسماك على أعلاف بها نسبة عالية من البروتين الي الطاقة .

٢- تحتاج الأسماك إلى بعض الليبيدات التي لا تحتاج اليها الحيوانات ذات الدم الحار مثل الأحماض الدهنية أوميجا-٣ (ن - ٣) Omega - 3 (n -3) خاصة في تغذية بعض أنواع الأسماك وكذلك الاستيرولات في تغذية القشريات.

www.dar-alkotob.com دار الكتب

٣- قدرة الأسماك على امتصاص العناصر المعدنية الذائبة فى الماء تقلل من احتياجاتها إلى هذه العناصر المعدنية.

٤- قدرة الأسماك على تخليق حمض الأسكوربيك ascorbic acid (فيتامين ج) ضعيفة ولذا فهى تعتمد على ما يقدم لها فى الغذاء كلياً.

والاحتياجات الغذائية للأسماك لا تختلف كثيرا بين أنواع الأسماك هناك فقط بعض الاختلافات بين الأنواع فيما يخص الاحتياجات من الأحماض الدهنية الضرورية والاحتياجات من الاستيرولات وكذلك قدرة الأنواع المختلفة على تمثيل الكربوهيدرات. وهذه الاختلافات تكون محصورة فيما بين أسماك المياه الدافئة والمياه الباردة وكذلك القشريات أو بين أنواع الأسماك البحرية marine fish وأسماك المياه العذبة fresh water. وقد تم وضع الاحتياجات الغذائية كميا لبعض الأنواع من الأسماك كأساس لتقدير الاحتياجات من عناصر الغذاء للأنواع الأخرى. مع زيادة المعلومات عن الاحتياجات الغذائية للأنواع المختلفة من الأسماك يمكن وضع الحدود المناسبة allowances المسموح بها من عناصر الغذاء واللازمة لتغطية الاحتياجات لكل نوع من أنواع الأسماك.

د) التغذية التطبيقية : Feeding practices

تتناول الأسماك غذائها في البيئة المائية والغذاء الذي لا يستهلك في وقت معقول لا يمثل فقط خسارة مادية بل يؤدى إلى تقليل معايير نوعية المياه التي تعيش بها الأسماك. لذلك فان كل من كميات الغذاء المسموح بها وطريقة التغذية ومدى ثبات الغذاء في الماء تعتبر عوامل لابد من أن يراعيها مستزرع الأسماك ويضعها في اعتباره جيدا بعكس مربي الحيوانات الزراعية الأرضية.

وبيئة أحواض الاستزراع تلعب دوراً هاماً وتساهم في إتاحة مركبات الغذاء الهامة للأسماك ومدى توفير هذه المركبات للأسماك المغذاة عليها فعلى سبيل المثال معظم نوعيات المياه تحتوى على وفرة من عنصر الكالسيوم الذائب وكميات الكالسيوم هذه يمكن أن توفر جميع احتياجات الأسماك من هذا العنصر وفى الأسماك التي تتغذى فى المستوى الأقل من السلسلة الغذائية مثل البلطي فان البيئة المائية للأحواض يمكن أن تمد هذه الأسماك بعناصر ذات قيمة عالية من البروتين والطاقة وكذلك بعض عناصر الغذاء الأخرى دون الحاجة إلى إضافتها إلى الأغذية الصناعية لها .

هـ) المقارنة بين الأسماك والحيوانات المزرعية كمصدر بروتين للإنسان :-

١- الكفاءة التحويلية للغذاء : Feed efficiency

تستطيع الأسماك تحويل الأعلاف المصنعة بطريقة أكثر كفاءة مقارنة بحيوانات المزرعة الأرضية. فمثلا سمكة القرموط المستزرعة catfish تنمو بمعدل ٠,٨٤ جرام لكل جرام مستهلك من العليقة الصناعية فى حين أن دجاج اللحم وهو من أعلى كفاءة من الحيوانات ذات الدم الحار ينمو بمعدل ٠,٤٨ جرام لكل جرام عليقة مستهلكة (جدول١-١). السبب في تفوق الأسماك عن الحيوانات ذات الدم الحار فى معدل تحويل الغذاء هو أن الأسماك تستطيع تمثيل الأعلاف ذات المحتوى العالى من البروتين إلى نمو وذلك لأن احتياجاتها من الطاقة تعتبر قليلة جدا والأسماك بالرغم من ذلك لا تتميز عن دجاج اللحم فى معدلات كفاءة تحويل الغذاء إلى زيادة في وزن الجسم كما هو موضح فى (جدول ١-١) حيث يستطيع دجاج اللحم تحويل بروتين الغذاء إلى بروتين في جسمه بنفس الكفاءة كما هو في الأسماك والميزة في الأسماك عن الحيوانات الأرضية تكمن فى أنها فى الأسماك تتفوق فى أن تكلفة الطاقة اللازمة لتكوين

البروتين في أجسامها قليلة وليس لأن الأسماك متفوقة عن الحيوانات الأرضية في كفاءة تحويل الغذاء فالزيادة في البروتين المتكون في أجسام أسماك القراميط لكل ميجا كالورى من الطاقة المأكولة هو ٤٧ مقابل ٢٣ في دجاج اللحم. وحتى الآن لم يمكن حساب ميزان الطاقة الكلى في الأسماك total energy budget اللازم لإنتاج البروتين في نظم استزراع اسماك المياه العذبة كما هو الحادث في بروتين الحيوانات الأرضية وكذلك النباتات والنباتات المائية. ويشمل حساب ميزان الطاقة الكلى كل من الطاقة الفسيولوجية physiological energy وكذلك الطاقة اللازمة لتشغيل المزرعة fossil energy .

وقد أوضحت نتائج بعض الدراسات أن طاقة تشغيل مزرعة لتسمين ونمو أسماك القراميط كانت مماثلة لتلك المطلوبة لتشغيل مشروع مماثل لإنتاج بدارى المائدة فعلى سبيل المثال فان كتاكيت اللحم تحتاج إلى طاقة للتدفئة وكذلك التهوية وأسماك القراميط تحتاج إلى طاقة تشغيل لضخ المياه بالمزرعة وكذلك عمليات تهوية الأحواض لإمدادها بالهواء اللازم الذائب في الماء كذلك طرق تجهيز اسماك القراميط ودجاج اللحم متشابهة (النقل من المزرعة إلى أماكن التجميع القريبة من وحدات التجهيز، المذابح ،إنتاج الثلج أو التجميد لكل منها بعد التجهيز للاستهلاك الآدمي). وبافتراض تساوى احتياجات مزارع اسماك القرموط ومزارع دجاج اللحم من طاقه التشغيل فان قلة احتياج اسماك القرموط من الطاقة التمثلية metabolic energy لتكوين البروتين في أجسامها تجعلها مصدر ذو كفاءة عالية في تحويل الطاقة إلى بروتين سمكي وفي هذا الصدد فإن الحيوانات الأرضية الأخرى تحتاج إلى طاقة تشغيل في مزارعها اكبر من كتاكيت اللحم لإنتاج البروتين في أجسامها.

٢- القيمة الغذائية : Nutritional value

تتميز الأسماك بأن نسبة الأنسجة المأكولة تعتبر اكبر من تلك الخاصة بأبقار اللحم وكذلك الدواجن وهذا يدل علي ارتفاع نسبة التصافي في الأسماك مقارنة بالحيوانات السابقة (جدول ١-٢). علي سبيل المثال ففي اسماك القرموط تصل نسبة الأنسجة المأكولة إلى ٨٠% من الذبيحة (الوزن بعد التحضير والتنظيف) وتصل نسبه العظام والأنسجة الضامة وكذلك بقايا الدهن إلى حوالي١٣,٧% ويحتوي ذبائح الأسماك من الطاقة اقل بكثير من محتوي الطاقة فى ذبائح أبقار اللحم. وقد حسبت القيمة الصافية لتحويل البروتين السمكي net protein utilization (NPU) بحوالي ٨٣ بالنسبة لكل ١٠٠ وحدة من بروتين البيض وهذه القيمة تقارب تلك الخاصة باللحم الأحمر التي قدرت بحوالي ٨٠ بالإضافة إلى ذلك فان محتوي البروتين السمكي المرتفع من الأحماض الأمينية الضرورية وذلك يعكس نوعيتها العالية كبروتين حيواني . لحوم الأسماك مثلها مثل لحوم بقية الحيوانات تعتبر مصدرا جيدا لكل عناصر التغذية فيما عدا الكالسيوم وفيتامين (أ) وفيتامين (ج)علي سبيل المثال فان ثماني أوقيات من لحم القرموط أو الهامبورجر من أي منهما يمكن أن تغطي١٠٠% من الاحتياجات الغذائية اليومية لرجل بالغ recommended daily allowance من البروتين، النياسين، فيتامين ب ١٢ وحوالي ٢٥% من الاحتياجات من الفوسفور، ٥٠%من احتياجات الحديد والزنك والنحاس وحوالي٢٥% من احتياجات هذا الفرد من كل من فيتامينات النياسين، ب ٦ وكذلك الريبوفلافين بالرغم من هذا فإن هذا الحجم أو الوزن من بروتين الأسماك (٨ أوقية) لا يحتوى إلا على ٢٨٠ كالورى (سعر حراري) مقارنا بحوالي٧٥٠ سعر حراري لنفس الوزن من الهامبورجر.

مستويات الاستزراع السمكي Levels of fish culture

أولا : – إنتاج الأسماك انتشارياً من الأغذية الطبيعية :–

Production of fish exclusively from natural aquatic foods

بعض الأسماك يمكنها الحصول على غذائها في الطبيعة من البلانكتون plankton أو الغذاء الطبيعي المنتشر في البيئة المائية وهذه الأسماك تعتبر من الأنواع الراعية باستمرار continuos grazes ولها قدرة عالية على فلترة وتركيز الهائمات المعلقة في الماء سواء من مصدر نباتي أو حيواني والمثال على هذه الأسماك هو المبروك الفضي silver carp والأنواع الأخرى مثل أسماك البلطي لها القدرة على تناول البلانكتون المتواجد في المياه بالإضافة إلى قدرتها على الاستهلاك والتغذية على المواد الموجودة على القاع أما المبروك العادي common carp فهو من الأسماك التي تتغذى بكفاءة عالية على المواد المتواجدة على قاع الأحواض وبعض أنواع الأسماك الأخرى مثل مبروك الحشائش اسماك نباتية التغذية herbivorous ويستطيع التغذية علي كميات ضخمة من النباتات المائية الراقية ومثل هذا النوع من الأسماك أمكن استزراعه دون الحاجة إلى أغذية صناعية إضافية ولكن مع ضرورة تسميد الأحواض النامي بها لإنتاج النباتات المائية وهذا المستوي من الإنتاج السمكي مطبق في الأماكن التي يكون فيها الغذاء المصنع غالي الثمن.

ثانيا: دعم الغذاء الطبيعي بالأغذية السمكية المحضرة

Supplementary feeding

في هذا النظام من نظم الاستزراع السمكي يتم الاستفادة الكاملة من ميزة الإنتاجية الطبيعية للكائنات الموجودة في الماء كغذاء مع استخدام الأعلاف المحضرة صناعياً كغذاء مكمل وذلك لزيادة الإنتاجية السمكية. وبالطبع يتم هذا الإجراء

أي استخدام الأعلاف المكملة مع أنواع الأسماك التي تقبل علي الغذاء المصنع الإضافي بحيث تكون الزيادة في الإنتاج السمكي مربحة للمربي فعلي سبيل المثال فان إنتاجية حوض تربية اسماك المبروك المسمد تكون في حدود ٣٩٠ كجم/هكتار وبإضافة بعض الحبوب أو نواتج تصنيعها العرضية تزداد إنتاجيه الهكتار إلى ١٥٣٠ كجم/هكتار أما عند استخدام الأغذية الإضافية ذات النوعية العالية فان إنتاجيه الهكتار ترفع إلى ٣٠٠٠ كجم/هكتار ومن هنا يتضح علاقة الغذاء المكمل وكذلك نوعيته برفع إنتاجية وحدة المساحة وفي حالة اسماك القرموط الأوروبي channel catfish يمكن انتاج ٣٧٠ كجم/هتكار من الأحواض المسمدة فقط وهذا الإنتاج يرتفع إلى ٥٠٠٠ كجم/هكتار باستخدام الأعلاف ذات المحتوي البروتيني المرتفع، حيث يساهم الغذاء الطبيعي بجزء بسيط في إمداد الأسماك باحتياجاتها من البروتين والطاقة ويمكن أيضا أن يمد الأسماك بالفيتامينات والعناصر المعدنية لذلك فان استخدام التغذية المكملة بسيطة التركيب يمكن أن يكون ذو فاعلية في تحسين محصول الأسماك وبزيادة كتلة الأسماك الحية في الأحواض يزداد اعتماد الأسماك على الغذاء الصناعي المكمل حتى يمكنها تغطية جميع احتياجاتها الغذائية حيث لا يكفي الغذاء الطبيعي بمفرده إمداد الأسماك بكل عناصر الغذاء اللازمة للنمو والنشاط ودليل على هذا تنمو اسماك القرموط الأوروبي إلى درجة المحصول الأقصى maximum standing crop المقدر بكمية ٢٠٠٠كجم/هكتار بطريقة طبيعية دون أن تظهر أي أعراض لنقص فيتامين ج إذا لم يضاف إلى العليقة التكميلية ولكن إذا ارتفعت كثافة الإنتاج لتصبح ٤٠٠٠كجم/هكتار فلابد من إضافة هذا الفيتامين إلى الأعلاف المصنعة وإلا فإن قدرة الأسماك على مقاومة الأمراض في هذا الحالة تقل بشكل ملحوظ وتظهر عليها علامات نقص هذا الفيتامين.

ثالثا: الاستزراع المكثف للأسماك تحت الظروف الصناعية:

Intensive culture of fish under artificial condition

في هذا النظام المحصول الأقصى من الأسماك بالنسبة لوحدة الحجم وكذلك الإمكانيات المستخدمة والجهد المبذول تشكل جميعها الاعتبارات الأساسية في عملية الإنتاج بالإضافة إلى أنها تتم بطريقة مركزه. في هذا النظام تقدم للأسماك علائق متزنة ومتكاملة تغطي احتياجات الأسماك تماما من العناصر الغذائية والمثال علي هذا النوع من الإنتاج هو استزراع اسماك السالمون في الأحواض التتابعية raceways والحظائر السمكية net pens مع التغذية خلال فترة الربيع وفى هذا النظام تكون تكلفة الإنتاج عالية مع استخدام علائق متكاملة تكفى احتياجات الأسماك الغذائية .

جدول رقم (١-١): مقارنة كفاءة استخدام البروتين الداخل والطاقة بواسطة الأسماك والدواجن

الحيوان	الغذاء المأكول			الكفاءة		
	بروتين (%)	طاقة (كيلو كالورى طاقة ممثلة / جرام)	نسبة الطاقة الى البروتين (كيلو كالورى/ جرام بروتين	الزيادة فى وزن الجسم (جرام)/ جرام غذاء مأكول	زيادة البروتين لكل جرام بروتين مأكول (جرام)	زيادة البروتين لكل كيلو كالورى طاقة ممثلة مستهلكة (جرام)
اسماك القرموط	٣,٢	٢,٧	٨,٥	٠,٨٤	٠,٣٦	٤٧
دجاج التسمين	١٨	٢,٨	١٦	٠,٤٨	٠,٣٣	٣٣
عجول الأبقار	١١	٢,٦	٢٤	٠,١٣	٠,١٥	٦

المصدر NRC 1983

جدول (١-٢) :النسبة المأكولة وصفات الذبيحة فى أنواع الحيوانات المختلفه

مصدر اللحم	النسبة المأكولة*	صفات الذبيحة المأكولة			طاقة الغذاء (كالورى/١٠٠جم أنسجة مأكولة)
		غير مأكول**	لحم (%)	دهن (%)	
اسماك القرموط	٦٠	١٤	٨١	٥	١١٢
الأبقار	٦١	١٥	٦٠	٢٥	١٤٧
الدجاج	٧٢	٣٠	٦٥	٩	١١٥

* النسبة التسويقية للحيوان بعد عملية الذبح ** فى الأسماك العظام فقط ، فى الأبقار (العظام ، الدهون ، الأوتار) وفى الدواجن (العظام فقط)

الباب الثانى

عناصر الغذاء Nutrients

أ.د/ نبيل فهمي عبدالحكيم

أولا : – إحتياجات الطاقة ومصادرها:

Energy requirements and sources

أحد الاختلافات الجوهرية بين تغذية الأسماك وحيوانات المزرعة الأخرى هو أن كمية الطاقة اللازمة لتخليق وتكوين البروتين في أجسام الأسماك أقل بكثير من مثيلاتها في الحيوانات المزرعية ذات الدم الحار كما هو موضح في الجدول (١-٢) فاحتياجات الأسماك من الطاقة قليلة لأنها لا تحتاج إلى طاقة للحفاظ على درجة حرارة أجسامها كذلك فهي تحتاج إلى كميات قليلة من الطاقة للحركة والاتزان في الماء بعكس الحيوانات الأخرى والطيور الموجودة على اليابسة ، كذلك تفقد الأسماك كميات قليلة من الطاقة عند هدم البروتين في أجسامها وإفراز المخلفات النيتروجينية مقارنة بهذه الحيوانات الأرضية حيث تخرج الأسماك الزائد من المخلفات النيتروجينية في صورة أمونيا عن طريق الخياشيم gills. وتؤدى زيادة الطاقة أو نقصها في غذاء الأسماك إلى نقصان في معدلات النمو. ونظرا لضرورة تغطية احتياجات الأسماك من الطاقة اللازمة لحفظ الحياة أو الأنشطة اللاإرادية مثل حركة القلب والخياشيم voluntary activity قبل أن تستخدم الطاقة في النمو فان الأسماك تستخدم البروتين في إنتاج الطاقة لتغطية احتياجاتها من الطاقة إذا ما كانت الأعلاف فقيرة في محتواها من الطاقة بالنسبة للبروتين. ومن ناحية أخرى فإن إرتفاع محتوى العليقة من الطاقة يؤدي إلى

تحديد في كمية الغذاء المستهلك بواسطة الأسماك ويترتب علي ذلك قلة المأكول من البروتين وعناصر الغذاء الأخرى التي يحتاج إليها الجسم للنمو ويؤدى ذلك بالطبع إلى نقص معدلات النمو.

يمكن أن تؤدي النسبة العالية ما بين الطاقة إلى عناصر الغذاء الأخرى إلى تكوين كميات كبيره من الدهن في أجسام الأسماك. في هذا الصدد فانه من غير المناسب والمحبب إذا ما كونت الأسماك كميات كبيره من الدهن في أجسامها حيث يؤدي ذلك إلى تقليل كمية الشيافي (العضلات) وكذلك تقلل من فترة صلاحيتها للاستهلاك الآدمي عند تخزينها مجمده ولكن زيادة الدهن في أجسام الأسماك تعتبر مناسبة في المفرخات التي تنتج أسماكاً لإطلاقها في عملية إنعاش المصايد.

الاحتياجات من الطاقة : Energy requirements

تجمعت المعلومات عن احتياجات الأسماك من الطاقة ببطيء حيث تركز الجهد في التطبيق وفى الأبحاث بصفة أساسية علي تقدير احتياجات الأسماك من البروتين والعناصر المعدنية الكبرى والفيتامينات ولم يتطرقوا إلى موضوع الاحتياجات من الطاقة. وبصفة عامة فإن نقص محتوي علائق الأسماك من الطاقة أو زيادتها ليس له اثر كبير علي حيوية وصحة الأسماك. أيضا فالأعلاف والمستخدمة عملياً في تغذية الأسماك تصنع من المكونات المتاحة والمعروفة ومعظمها عند استخدامه في تكوين أعلاف الأسماك لا يؤدي إلى زيادة كبيرة أو نقصاً واضحاً في الطاقة خاصة عند تغطية احتياجات الأسماك من البروتين من خلال هذه المكونات علي سبيل المثال فعليقة اسماك القرموط التي تحتوي علي ٣٢% بروتين والمكونة من كسب فول الصويا بنسبة ٥٠% الحبوب بنسبة ٤٠% ومخلفات المجازر بنسبة ٨% تحتوي علي ٢,٨ كيلو كالورى من الطاقة

المهضومة digestible energy لكل جرام من هذه العليقة وهذا يكفي لأن تكون النسبة ما بين الطاقة إلى البروتين حوالي٨ - ٩ : ١ وهي تبدو قريبة من الحد الأمثل.

ولقد فطن خبراء تغذية الدواجن والحيوانات الزراعية الأخرى إلى أهمية تغطية احتياجات هذه الحيوانات من الطاقة عند تكوين علائق هذه الحيوانات بعمل جداول التغذية التي تحتوي على المقررات allowances الغذائية من البروتين والأحماض الأمينية محسوبة كداله function لمستوي الطاقة بمعني انه كلما زاد تركيز الطاقة في العليقة تزداد نسبة البروتين بنفس المعدل وبنفس التناسب. والتناسب في هذه الحالة يكون على أساس التغذية الحرة حيث أن المأكول من الطاقة هو الذي يحدد وينظم معدل استهلاك الغذاء وبناء عليه يحدد أيضا الكميات المأكولة من عناصر الغذاء الأخرى.

اهتمت بحوث تغذية الأسماك بتقدير الاحتياجات من الطاقة في اسماك القرموط واسماك المبروك العادي تضمنت هذه البحوث تغذية هذه الأسماك علي علائق تحتوي على ٢٤ إلى ٣٥% من البروتين علي مستويات مختلفة من الطاقة المهضومة المقدرة أو المحسوبة وفي هذه التجارب كان معيار الزيادة في الوزن هو المعيار الذي يحدد الاحتياجات المثلي من الطاقة وقدر تركيز الطاقة المهضومة لكل جرام من بروتين العليقة والذي يؤدي إلى أقصى معدلات زيادة في الوزن بحوالي ٨,٧ —٩,٧ كيلو كالورى في اسماك القرموط .

عند إجراء تجارب التغذية لتقدير احتياجات الأسماك من الطاقة فانه من الأهمية أن تقدر كميات الطاقة المتاحة في الأعلاف التجريبية بدقة بحيث تتناول الأسماك من هذه العلائق اكبر كميه ممكنة ولابد أن تكون العلائق المختبرة متساوية في درجة استساغة الأسماك لها وكذلك لابد من حساب المستهلك من هذه الأعلاف الذي يحتاجه الزيادة

في الوزن قدرت الاحتياجات الغذائية لأسماك القرموط من الطاقة المهضومة في ثلاثة أحجام من هذه الأسماك وهي ١ ، ٢٠ ، ١٠٠ جرام حيث غذيت الأسماك للشبع علي علائق تحتوي على مستويات مختلفة من الطاقة والبروتين وأخذت الزيادة في كمية البروتين المترسبة في الجسم كدليل ومقياس للنمو وجد أن الاحتياجات من الطاقة المهضومة اللآزمة لنمو الأسماك في وزن ١-٣ جرام اليومية هي ١٦,٨ كيلو كالورى لكل ١٠٠ جرام وزن وقلت إلى٥ كيلو كالورى/١٠٠ جرام وزن في الأوزان ما بين ١٠٠-٢٥٠ جرام للسمكة .

وجدول (٢-١) يوضح أن الاحتياجات من البروتين تتغير بنفس معدل التغيير في الاحتياجات من الطاقة مع زيادة أوزان الأسماك بحيث أن النسبة المثلي للطاقة المهضومة إلى البروتين كانت تتغير تغيراً طفيفاً في الأسماك ما بين وزن ٣ إلى ٢٦٦ جرام / سمكه.

جدول (٢-١): احتياجات البروتين والطاقة المهضومة (DE) لأسماك القرموط .

حجم السمكة جرام	البروتين جرام ١٠٠ جرام سمك /يوم	الطاقة المهضومة كيلو كالورى / ١٠٠ جرام سمك / يوم	نسبة الطاقة المهضومة الى البروتين كيلو كالورى / جرام
٣	١,٦٤	١٦,٨	١٠,٢
١٠	١,١١	١١,٤	١٠,٣
٥٦	٠,٧٩	٩,٠	١١,٤
١٩٨	٠,٥٢	٦,١	١١,٧
٢٦٦	٠,٤٣	٥,٠	١١,٦

المصدر (Mangalik 1986)

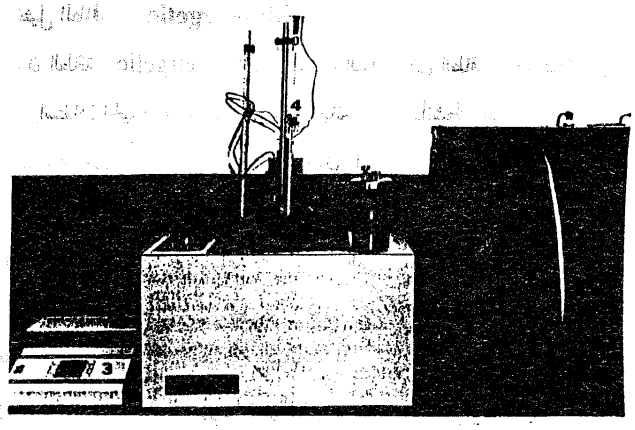
توازن وتمثيل الطاقة : Bioenergetic

توازن الطاقة bioenergetic هو دراسة التوازن بين الطاقة المأكولة من الغذاء وبين استفادة الحيوان منها للحفاظ علي حياته والقيام بأنشطته المختلفة وبناء وتكوين أنسجة جسمه وتعتبر الشمس هي مصدر الطاقة الغذائية الأساسي فمن خلال التمثيل الضوئي photosynthesis فإن البلاستيدات الخضراء chloroplasts في النباتات الخضراء تمتص الحرارة التي تشعها الشمس وتحولها إلى طاقه كيميائية من خلال عمليات تخليق الجلوكوز وهذا المركب (الهيدروكربوني) يعتبر المصدر الرئيسي الذي تخلق منه النباتات المركبات العضوية الأخرى في أجسامها مثل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون.

والوحدة الأساسية لقياس الطاقة هي الكالوري calorie وتعرف بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام من الماء درجة مئوية واحدة مقاسة ما بين ١٤,٥م° إلى ١٥,٥م° وهذه الوحدة صغيره جدا عند استخدامها في حسابات التغذية لذلك فاستخدام الكيلو كالورى (kcal) الذي يعادل ١,٠٠٠ كالورى يشيع استخدامه في هذه الحسابات والوحدة الدولية لقياس العمل النافع work وكذلك الطاقة هي الجول Joule وهي تستخدم أيضا حيث يوازي واحد جول ٠,٢٣٩ كالورى أو بمعني اخر الكالوري الواحد = ٤,١٨٤ جول.

الطاقة الكلية : Gross energy

يقدر محتوي مادة ما من الطاقة الكلية عند أكسدتها أكسدة تامة إلى ثاني أوكسيد الكربون وماء وغازات أخرى وقياس الحرارة الناتجة من ذلك وهذه الحرارة المقاسة هو ما يطلق عليه محتوي المادة أو المركب من الطاقة الكلية وهذه العملية تجري باستخدام جهاز يسمي المسعر adiabatic bomb calorimeter (شكل ٢-١).



شكل (٢-١): المسعر الحراري

ويبين جدول (٢-٢) قيم الطاقة الكلية لبعض المركبات النقية وبعض مواد العلف. نلاحظ أن الدهون (الجليسريدات الثلاثية) تحتوي علي ضعف ما تحتويه الكربوهيدرات من الطاقة الكلية وهذا يرجع إلى المحتوي النسبي لكل من الأكسجين والهيدروجين والكربون لهذه المركبات .

تنطلق الطاقة عندما يتفاعل كل من الهيدروجين أو الكربون مع أوكسجين من خارج جزيئات هذه المركبات فعلي سبيل المثال تحتوي الكربوهيدرات علي كميات كافيه من الأكسجين الداخلة في تركيبها الكيماوي endogenous لتتفاعل مع هيدروجين جزئ الكربوهيدرات لذلك فالكربون الموجود علي نفس الجزيء يحتاج إلى أوكسجين خارجي exogenous لكي يتأكسد وحيث أن أكسدة جرام واحد من الكربون تنتج ربع كمية الحرارة الناتجة من أكسدة واحد جرام من الهيدروجين لذلك فالدهون التي تحتوي علي كميات

اقل من الأكسجين في تركيبها الجزيئى (داخلي) مقارنة بالكربوهيدرات تعطي كميات اعلي من الحرارة عند أكسدتها عن تلك الناتجة من الكربوهيدرات.

جدول (٢-٢) : قيم الطاقة الكلية لمصادر الكربوهيدرات ، والبروتين والدهن المقدرة بجهاز (المسعر الحرارى)

المادة	الكيلو كالورى (بالجرام)
جلوكوز	٣,٧٧
نشا الذرة	٤,٢١
الجلسريدات الثلاثية :	
دهن الأبقار	٩,٤٤
زيت فول الصويا	٩,٢٨
الكازين	٥,٨٤

الطاقة المتاحة : Available energy

الطاقة الكلية للغذاء لا تعتبر مقياس لقيمته الحرارية بالنسبة للحيوانات المغذاة علي هذا الغذاء . الفرق بين الطاقة الكلية والطاقة المتاحة من غذاء ما للحيوان ليستفيد منها في الأغراض الإنتاجية تختلف كثيرا من مادة غذائية لأخرى. وتلعب عمليات الهضم دورا أساسيا في اختلاف محتوي مواد الغذاء من الطاقة المتاحة في الأسماك. والطاقة المهضومة digestible energy هي الفرق ما بين الطاقة الكلية بالغذاء المأكول والطاقة المفقودة في الروث feces.

ويمكن تقدير الطاقة المهضومة في الأسماك إما مباشرة أو بطريقة غير مباشرة. في الطريقة المباشرة تقاس وتقدر كميات الطاقة فى الغذاء (العلف) المأكول وكذلك فى كميات الروث الناتجة ، أما في الطريقة الغير مباشرة نأخذ

فقط عينات صغيره من الغذاء المأكول وكذلك الروث الناتج حيث يقدر معامل الهضم digestion coefficient علي أساس النسبة ما بين الطاقة والدليل المستخدم indicator في كل من العلف والروث وهذا الدليل عبارة عن مادة بالعلف أو الغذاء لا تهضم مثل الرماد أو الألياف الموجودة طبيعيا في مكونات الغذاء أو يمكن أن تكون في صورة مركب يضاف إلى العلف المختبر مثل أكسيد الكروم chromic oxide.

عند تقدير معامل الهضم لمركبات الغذاء في الأسماك لابد من الحرص والعناية بعملية جمع الروث حتى نتلافى فقد هذه المركبات الموجودة في الروث بالماء وهذا يعني ضرورة جمع الروث من الماء بسرعة قبل أن تبدأ مكوناته في الذوبان leaching أو يجمع الروث مباشرة بالتدليك من نهاية القناة الهضمية للسمكة قبل إخراجه إلى الماء.

والمعادلة التالية (رقم ١) تبين حساب الطاقة المهضومة بالطريقة المباشرة عند جمع الروث الكلي وكذلك حساب الغذاء المأكول الكلي والمعادلة (رقم ٢) توضح حساب الطاقة المهضومة باستخدام الدليل في الطريقة الغير مباشر.

$$\text{معادلة ١: الطاقة المهضومة} = \frac{\text{طاقة الغذاء} - \text{طاقة الروث}}{\text{طاقة الغذاء}} \times ١٠٠$$

$$\text{معادلة ٢: الطاقة المهضومة} = ١٠٠ - \left[\frac{\text{طاقة الغذاء}}{\text{طاقة الروث}} \times \frac{\text{كمية الدليل في الروث}}{\text{كمية الدليل في الغذاء}} \times ١٠٠ \right]$$

الطاقة الممثلة : Metabolizable energy

هي عبارة عن الطاقة المهضومة مطروحا منها الطاقة المفقودة في الجسم من خلال الخياشيم ونواتج التمثيل الغذائي المفرزة في البول urine wastes ويعتبر تقديرها صعبا. ويتطلب تقدير الطاقة الممثلة أن تكون الأسماك موجودة في غرف خاصة (أحواض) بتقدير التمثيل الغذائي metabolism chamber حتى يمكن تجميع مخلفات البول وكذلك النيتروجين المفرز من الخياشيم .

قيم الطاقة الممثلة المقدرة لبعض مكونات أعلاف الأسماك مقدرة علي اسماك السالمون rainbow trout موجودة في جدول (٢-٣) مع العلم أن قيم الطاقة الممثلة بالنسبة لأسماك القرموط لم تقدر في أحواض التمثيل الغذائي. ويمكن حساب الطاقة الممثلة كما هو في المعادلة (رقم ٣) .

$$\text{الطاقة الممثلة \%} = \frac{\text{طاقة الغذاء الكلية} - (\text{الطاقة المفقودة في الروث وفى البول ومن خلال الخياشيم})}{\text{طاقة الغذاء الكلية}} \times ١٠٠$$

استخدام الطاقة الممثلة بدلا من الطاقة المهضومة في تقييم أعلاف الأسماك قد يسمح بتقديرات مطلقة للطاقة المأكولة الممثلة بواسطة أنسجة الحيوان . والاعتماد على قيم وحسابات الطاقة الممثلة يتيح ميزة عن استخدام الطاقة المهضومة عند تقييم الطاقة النافعة الموجودة في الغذاء الخاص بالأسماك لأن الطاقة المفقودة في الهضم تعتبر المسئولة عن معظم الاختلافات فى الطاقة المستعادة recoverable energy للأغذية المختلفة في الأسماك الفقد في الطاقة من خلال الخياشيم وكذلك إفرازات البول لا يختلف باختلاف الغذاء طالما أن فقد الطاقة فى الروث أقل من فقدها من خلال الإفرازات الأخرى غير الروث كما هو الحال فى الثدييات والطيور. بالإضافة إلى ذلك ففي الأسماك عملية تقدير الطاقة الممثلة فى تجهيزات تقدير الطاقة الممثلة صعب جدا ويؤدى إلى إجهاد الأسماك المستخدمة في هذا

التقدير مما ينعكس على النتائج المتحصل عليها لذلك فتقدير الطاقة المهضومة يعتبر أسهل حيث تكون الأسماك أيضا غير واقعة تحت أى إجهاد وتستطيع استهلاك العليقة بحرية دون إجهاد .

جدول (٢-٣) : نسبة الطاقة المهضومة الى الكلية ، نسبة الطاقة الممثلة الى المهضومة لأسماك التروت .

المادة الغذائية	الطاقة المهضومة / الطاقة الداخلة	الطاقة الممثلة / الطاقة المهضومة
مسحوق سمك الأنشوجة	٠,٩١	٠,٩٤
مسحوق الأسماك البيضاء	٠,٨٤	٠,٩٤
فول الصويا المتروع القشرة	٠,٧٩	٠,٩٤
مسحوق اللـــــــحم	٠,٧١	٠,٩٥
كسب بذرة القطن المتروع القشرة	٠,٦٣	٠,٩٣
مخلفات تصنيع القمح	٠,٤٠	٠,٩١

* المصدر (تم حسابها من قيم الـــ NRC سنة ١٩٨١)

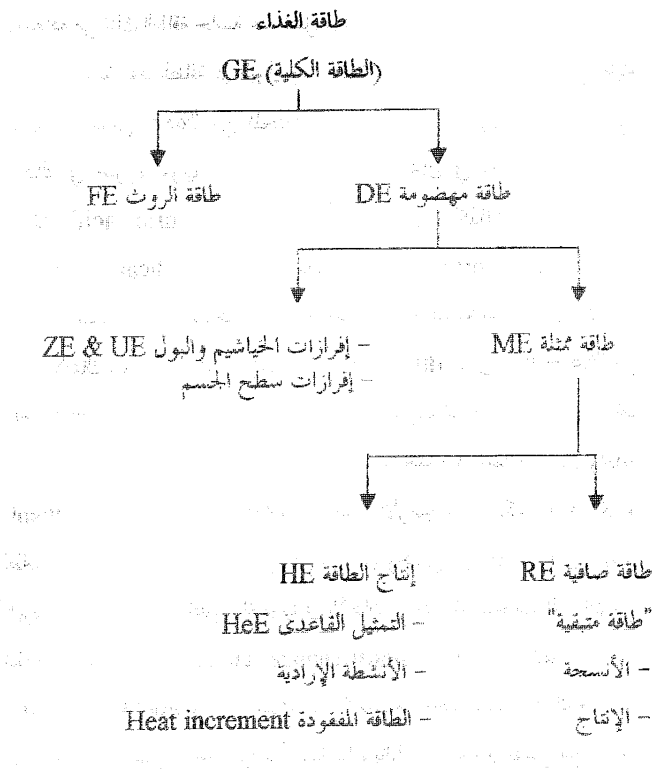
البيانات الموجودة في جدول(٢-٣) يوضح النسبة بين الطاقة المهضومة إلى الطاقة الكلية والتي تختلف باختلاف مواد العلف في أسماك السالمون Salmon في حين أن النسبة ما بين الطاقة الممثلة إلى الطاقة المهضومة تتباين تباينا اقل من تلك التي بين الطاقة المهضومة إلى الطاقة الكلية. هذا يوضح أن الهضم يعتبر مسئولا عن معظم الاختلافات في الطاقة المتاحة الموجودة في أغذية الأسماك.

ميزان الطاقة في الأسماك Energy balance in fish

يبين شكل (٢٤ ـ ٢) تحويل ومصير الطاقة المأكولة في الأسماك. تقسيم الطاقة في الأسماك يشبه تقسيمها فى الثدييات والطيور ولكن هناك بعض الاختلافات الكمية بين الأسماك والطيور والثدييات تجعل الأسماك أقدر على الاستفادة من تلك الطاقة خاصة عند تمثيل مواد العلف الغنية بالبروتين .

عملية فقد الطاقة في البول ومن خلال الخياشيم في الأسماك تعتبر قليلة حيث أن حوالي ٨٥% من المخلفات ونواتج التمثيل النيتروجينية تفرز في الأسماك في صورة أمونيا وليس يوريا كما هو الحال في الثدييات أو حمض يوريك uric acid كما هو الحال في الطيور. كذلك فكمية الطاقة heat increment المستخدمة في إعادة بناء assimilation الغذاء المأكول في صورة أنسجة جسم السمكة تعتبر قليلة وقدرت الطاقة المستخدمة في بناء مكونات جسم الأسماك بالطريقة المباشرة direct calorimetry بحوالي ٣ ـ ٥% من الطاقة الممثلة وذلك في أسماك السالمون في حين أنها قدرت بحوالي ٣٠ % من الطاقة الممثلة في الثدييات. معظم الاختلافات في الطاقة المستخدمة في عمليات البناء والهدم heat increment ما بين الأسماك والحيوانات الأرضية سببها يكمن في أن كمية الطاقة المستهلكة في تخليق وإفراز اليوريا (ثدييات) وحمض اليوريك في الطيور تعتبر كبيرة جدا مقارنة بتلك المطلوبة للأمونيا في الأسماك. وتعتبر احتياجات الأسماك من الطاقة لحفظ الحياة maintenance energy والمطلوبة للأنشطة الإرادية voluntary activity قليلة حيث أن الأسماك من الحيوانات ذات الدم البارد ولا تحتاج إلى تنظيم درجة حرارة أجسامها وبالتالي تستخدم القليل من الطاقة في حفظ توازنها داخل الماء. قدرت الحرارة التمثيلية metabolic heat production فى أسماك السالمون الصغيرة (٤ جم)

(كيلو كالورى/٢٤ ساعة) بحوالى ٥٧/كيلو كالورى لكل كجم من وزن الجسم مرفوعا للأس ٠,٦٣ مقابل ٧٠ – ٨٣ كيلو كالورى/كجم من وزن الجسم مرفوعة للأس ٠,٧٥ فى الثدييات والطيور.



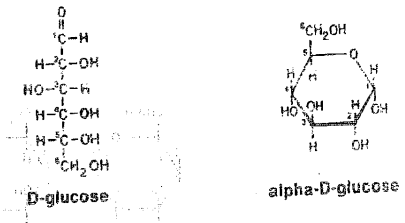
شكل (٢–٢) : مسار الطاقة المأكولة في الغذاء بواسطة الأسماك

مصادر الطاقة : Energy sources

نظرا لمعيشة الاسماك فى بيئة سائلة (الماء) حيث يندر وجود الكربوهيدرات فإن أجهزتها الهضمية وكذلك نظام التمثيل الغذائى بها تأقلم بصورة أفضل لتمثيل والاستفادة من البروتينات والدهون كمصادر للطاقة مقارنة بالكربوهيدرات وبالرغم من ذلك فإن بعض أنواع الأسماك خاصة أسماك المياه الدافئة الراعية warm water herbivores أو الرمية omnivores يمكنها هضم وتمثيل الكربوهيدرات نسبياً بطريقة جيدة. اسماك السالمون يمكنها الاستفادة من الكربوهيدرات بطريقة أقل بكثير. بعض أنواع الأسماك بالرغم من أنها تلتهم بعض النباتات المائية الراقية إلا أن هضمها لسليولوز هذه النباتات يعتبر ضعيفاً.

ثانياً : الكربوهيدرات : Carbohydrates

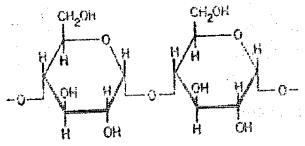
تعتبر السكريات الأحادية هي وحدات البناء الأساسية للكربوهيدرات والسكرات الأحادية هي الدهيدات أو كيتونات للكحولات عديدة الأيدروجين المحتوية على الكربون والايدروجين والأكسيجين. ويوجد الايدروجين والاكسيجين بها بنفس نسبة وجودهما فى الماء كما فى الجلوكوز (شكل ٢ – ٣)



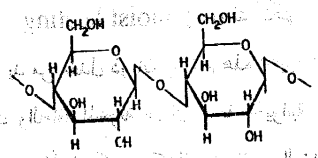
شكل (٢ – ٣) : الجلوكوز

وتوجد الكربو هيدرات فى الطبيعة فى صورة حلقية ومعظمها تكون يمينية اللفورة. وتقسم الكربوهيدرات بناء على عدد السكرات الاحادية الداخلة فى تركيبها الجزيئي. فالسكرات الاحادية عبارة عن وحدة سكر احادية مفردة مثل الجلوكوز(٦ ذرات كربون) والريبوز (٥ ذرات كربون) اما السكرات الثنائية فتتكون من اتحاد سكرين احاديين مثل المالتوز الذى يتكون من وحدتى جلوكوز والسكروز الذى يتكون من وحدة جلوكوز مرتبطة بوحدة فركتوز. والسكرات العديدة هى معقدات طويلة السلسلة متكونة من أعداد كبيرة من السكرات الأحادية. في تغذية الحيوان هناك نوعان من الكربوهيدرات يعتبران مهمان وهى النشا والسليولوز وكل منهما يتركب من وحدات عديدة من الجلوكوز والفرق بين النشا والسليولوز هو نوع جزيئات الجلوكوز الداخل فى تكوينها .

فالنشا (شكل ٢-٤) يحتوى على وحدات الفا – م – جلوكوز α-D-glucose حيث ترتبط جزيئات الجلوكوز بالرابطة (الفا – م١- ٤) الجليكوسيدية ، أما السليولوز فيحتوى على وحدات بيتا- م – جلوكوز مرتبطة مع بعضها البعض برابطة ١- ٤. والسليولوز (شكل ٢- ٥) هو المركب الأساسى الدعامى لجدر الخلايا النباتية. وهو غير ذائب فى المحاليل ذات درجة تركيز ايون الايدروجين (pH) المتعادلة ولا يهضم فى الحيوانات وحيدة المعدة بما فيها الاسماك.



شكل (٢-٤): النشا



شكل (٢ – ٥): السليولوز (رابطة بيتا ١– ٤)

والسليولوز ذو شكل جزيئى منبسط أو مسطح flat فى صورة حزم طويلة band like ليعكس الشكل الضفيرى helical أو الحلزونى لجزئى السليلوز ، وترتبط الجزئيات فى السليولوز بشكل موحد مع بعضها البعض بواسطة روابط هيدروجينية فى جزىء السليولوز .

ويحتوى أندوسبرم الحبوب على النشا وهو المصدر الاساسى الهام فى تغذية الحيوان. وهناك صورتان للنشا الموجود فى حبيبات النشا الخاصة بالحبوب الأول هو الأميلوز amylose والثانى هو الأميلوبكتين amylopectin. الأميلوز عبارة عن سلسلة مستقيمة تحتوى على العديد من وحدات (الالفا ١–٤) جلوكوز المرتبطة ببعضها البعض. ويمثل الأميلوز ٢٠ – ٣٠٪ من حبيبات النشا الكلية وينوب فى الماء الدافىء. أما الأميلوبكتين فهو عبارة عن سلسلة متفرعة من وحدات الجلوكوز حيث تتفرع السلسلة المستقيمة المكونة من (الفا ١ – ٤ جلوكوز) من خلال روابط جانبية (الفا ١ – ٦ جلوكوز) الى سلاسل جانبية او فرعية وتختلف حبيبات النشا فى اشكالها ودرجة ذوبانها بإختلاف فصائل وانواع النباتات .

بعض انواع حبيبات النشا تكون مقاومة للتهتك rupture والتفكك وهو الشىء الذى يعتبر هام فى عملية الهضم حيث انه من خلال التفكك

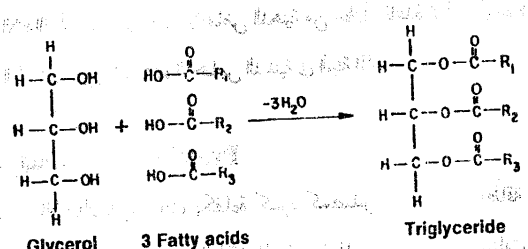
والتهتك تصبح جزئيات النشا متاحة لفعل انزيمات الهضم . وتعريض حبيبات النشا لبخار الماء الساخن moist heating يؤدي لتفككها او لعملية الجلتنه geletinization مما يزيد من معدل ذوبان وهضم هذه الحبيبات. والجليكوجين هو مصدر الكربوهيدرات والطاقة المخزنة فى الانسجة الحيوانية خاصة فى الكبد وهو يشبه فى تركيبه الجزيئي الأميلوبكتين وكذلك له نفس الوزن الجزيء ولكن السلاسل الفرعية المتكونة عن طريق الروابط (١ — ٦) تكون أقصر وهو أكثر ذوبانا فى الماء من الأميلوبكتين. بالرغم من أن الكربوهيدرات تعتبر مصدرا هاما للطاقة وتدخل فى تكوين عدد من مركبات الجسم body metabolites مثل جلوكوز الدم، النيوكليوتيدات nucleotides والبروتينات السكرية glycoproteins إلا أنها تعتبر من عناصر الغذاء غير الضرورية .

في هذا الصدد اظهرت نتائج بعض البحوث ان الكتاكيت يمكنها أن تنمو على علائق خالية من الكربوهيدرات بشرط توافر النسبة المثلى من الطاقة الى البروتين بهذه العلائق وبشرط توافر الجليسريدات الثلاثية فى هذه العلائق لتمد الجسم بالجليسرول اللازم لبناء وتخليق الكربوهيدرات بالأجسام . أيضا فى الاسماك أوضحت نتائج الدراسات أنها تنمو دون ظهور أي اعراض باثولوجية عند تغذيتها على علائق خالية تماما من الكربوهيدرات .

ثالثاً: اللبيـــــدات : Lipids

وهي مجموعة كبيرة ومتنوعة من المواد العضوية التى لا تذوب فى الماء ولكنها تذوب فى المذيبات العضوية . والدهون تمثل مصادر الطاقة المركزة وبعض الفيتامينات وكذلك الصبغات وبعض العوامل الضرورية للنمو فى الاسماك واهم اللبيدات والتى تعتبر مصدرا هاما للطاقة هى الدهون fats او الجلسريدات الثلاثية triglycerides.

من الناحية الكيميائية فالدهون عبارة عن استرات الاحماض الدهنية للجلسرول. فى الدهون تتحد وحدات الجلسرول مع ثلاثة احماض دهنية متشابهة او مختلفة مع فقد ثلاثة جزيئات من الماء (شكل ٢-٦).



شكل(٢ – ٦)

والرمز R فى التركيب الجزيئى للدهون يعبر عن السلسلة الكربونية للحامض أو الأحماض الدهنية المرتبطة على جزئي الجليسرول. ويتراوح عدد ذرات الكربون فى معظم الاحماض الدهنية فى النباتات الأرضية وكذلك الحيوانات ما بين ١٤ – ١٨ ذرة كربون أما فى دهون الاسماك فان عدد ذرات الكربون يبدأ بعدد ٢٢ ذرة ، وطول السلسلة الكربونية للأحماض الدهنية وكذلك عدد الروابط الزوجية (الغير مشبعة) تحدد الخواص الطبيعية والغذائية للدهون .

عموماً فان الدهون المخزنة فى أجسام الحيوانات ذات الدم الدافىء تعتبر عالية التشبع (عدد قليل من الروابط الزوجية) فى حين أن الدهون (الزيوت) النباتية تكون أعلى فى عدم التشبع وعموما فالدهون الحيوانية والزيوت النباتية من النادر أن تحتوي على أحماض دهنية يزيد عدد ذرات الكربون بها عن ١٨ ذرة. وتشابه دهون أسماك القرموط المستزرعة (المرباة فى المزارع السمكية) دهون حيوانات المزرعة المغذاة على الحبوب. أيضا أسماك السالمون المغذاه على علائق تحتوى على دهون حيوانية مشبعة تميل الى تكوين دهون فى اجسامها

تشبه دهون العلائق للغذاء عليها. بالنسبة للأسماك البرية سواء أسماك المياه الباردة أو الدافئة او المياه العذبة أو البحرية تحتوى دهونها على كميات كبيرة من الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع Polyunsaturated fatty acids المحتوية على ٢٠ ذرة كربون او اكثر. هذه الاسماك تحصل على هذه الاحماض الدهنية من خلال قاعدة الغذاء الموجودة فى الماء خاصة الطحالب التى تخلق هذه الأحماض الدهنية فى البيئة المائية .

رابعاً: البروتينات Proteins

تستخدم الأسماك البروتينات بكفاءة كبيرة كمصدر من مصادر الطاقة . فى الاسماك نسبة عالية ومرتفعة من الطاقة المهضومة الموجودة فى البروتينات تمثل بكفاءة فى الأسماك مقارنة بالحيوانات الأرضية مثل الابقار والأغنام والدواجن. أيضا الحرارة المفقودة heat increment فى تمثيل البروتين المهضوم والمأكول تقل فى الأسماك عما هو الحال فى الثدييات والطيور مما يعطى البروتين الممثل فى أجسام الاسماك قيم أعلى للطاقة الانتاجية productive energy وبالتالى يجعل للاسماك ميزة نسبية فى هذا المجال عن الحيوانات الاخرى وترجع الظاهرة السابقة الى زيادة قيم الطاقة الانتاجية للبروتين كمصدر للطاقة فى الاسماك ويرجع ذلك اساساً الى الكفاءة العالية للتخلص من النيتروجين الناتج من عمليات التمثيل الغذائى فى الاسماك . وكما هو الحال فى الحيوانات الارضية فالكميات الزائدة من البروتين فى علائق الاسماك وإرتفاعها بالنسبة لمصادر الطاقة الاخرى الغير بروتينية تؤدى الى انخفاض معدلات النمو فى هذه الكائنات . اظهرت نتائج الدراسات فى اسماك القرموط ان زيادة نسبة البروتين المأكول فى العلائق الى معدلات اعلى من ٤٥% دون زيادة مناسبة فى مصادر الطاقة الغير بروتينية (دهون — كربوهيدرات) ادى الى انخفاض فى معدلات نموها .

أ- الاحماض الامينية : Amino acids

هى الوحدات البنائية الاساسية لجزىء البروتين. التركيب الكيماوى الاساسى لهذه الاحماض الامينية موضح فى شكل (٢-٧). والمكونات الاساسية للأحماض الأمينية هى مجموعة الكربوكسيل(COOH-) ومجموعة الأمين- (NH_2) على ذرة الكربون الفا. وكل الاحماض الامينية لها نفس التركيب الاساسى حيث R ترمز الى بقية الجزيئ المتصلة بذرة الكربون الاولى (الفا) فى جزئى البروتين ، ترتبط الاحماض الامينية مع بعضها البعض بروابط ببتيدية peptide bond لتكوين جزئى البروتين.

ويتكون البرتين من (٥٠-٥٥%) كربون، (٦,٥- ٧,٥%) هيدروجين، (١٥,٥-١٨%) نيتروجين (على اساس قيمة متوسطة حوالى ١٦%) ويحتوى على (٢١,٥-٢٣,٥%) أكسيجين وعادة يحتوى على نسبة من الكبريت تتراوح ما بين (٠,٥ - ٢ %). ويوجد ١٨ حمض امينى فى معظم البرتينات النباتية او الحيوانية بالرغم من ان جزىء البروتين يحتوى على عدد يتراوح ما بين ٢٢ - ٢٦ حمض امينى الا ان الثمانى عشر هى الاكثر شيوعاً وتواجداً. وتقسم الاحماض الامينية الى مجاميع تبعا للمجاميع الكيميائية التى تنتمى اليها هذه الاحماض الامينية والتركيب الجزيئ لهذه الاحماض الامينية الاثنى والعشرين موجودة فى شكل (٢ - ٨) الى شكل (٢- ١٣).

و تقسم أنواع البروتينات الموجودة فى أجسام الاسماك تبعاً لوظائفها أو على حسب قدرتها على الذوبان. فالبروتينات الليفية Fibrous proteins لا تذوب بالمرة وهى ايضا لا تهضم وتشمل كل من الكولاجين Collagen ، الالاستين Elastin ، الكيراتين Keratin .الكولاجين يعتبر مكونا للانسجة الضامة connective tissues ، ماتريكس العظام bone matrix ، الجلد

skin scar tissue ، الزعانف، غطاء الخياشيم gills opereulum ، والاوعية الدموية blood vessels. اما الالاستين فيوجد فى الشرايين ، اوتار الاعصاب teudons ، بقية الانسجة المطاطية stretch tissues. اما الكيراتين فيوجد فى الشعر hair، حوافر hooves الحيوانات الارضية ويوجد بكميات بسيطة فى الاسماك اما البروتين من النوع contractile اى البروتين العضلى فهو المكون الرئيسى لعقد بروتين العضلات. والبروتينات من انواع الاكتين actin والتروبوميوسين (ب) tropomyosin B وكذلك الميوسين myosin فهى تلعب دورا مهما فى عملية انقباض العضلات . وبرتينات العضلات تهضم جيدا ولها قيمة غذائية عالية. اما البروتينات globular proteins الذائبة فهى البروتينات التى يمكن استخلاصها من الانسجة بواسطة الماء او بالمحاليل الملحية المخففة وتشمل الانزيمات وبروتينات الهرمونات وكذلك بروتينات سيرم الدم الذائبة .

ب- الأحماض الأمينية الضرورية : Essential amino acids

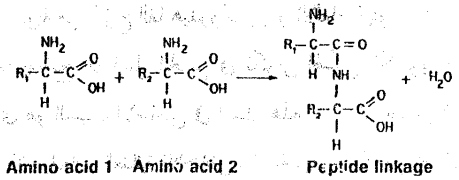
تقسم الاحماض الامينية من الناحية الغذائية الى مجموعتين غذائيتين الاولى وهى الاحماض الامينية الضرورية والثانية الغير ضرورية والاحماض الامينية الضرورية هى تلك التى لا يستطيع الحيوان تكوينها او بنائها فى جسمه او قد يكونها ولكن بكميات غير كافية لحاجته للوصول الى الحد الاعلى من النمو والتطور. أما الاحماض الامينية الغير ضرورية فهى الاحماض التى يمكن للجسم تكوينها وبنائها وبكميات تكفى للنمو الاقصى. الحيوانات وحيدة المعدة ومنها الاسماك تحتاج الى عشرة احماض امينية ضرورية وهى الارجنين arginine، الهستيدين histidine، الايزوليوسين isoleucine، الليوسين leucine،

الليسين lysine، المثيونين methionine، الفينيل الانين phenylalanine، الثريونين threonine، التربتوفان tryptophan، والفالين valine. فى الفئران وجد أن العديد من الاحماض الامينية الضرورية مثل الارجنين، الهستيدين ، الايزوليوسين ، الليوسين ، المثيونين ، الفينيل الانين ، التربتوفان والفالين يمكن احلالها وتغطية الاحتياجات منها بواسطة المشاهات المطابقة لها من الاحماض العضوية من النوع الفا هيدروكسي او الالفا-كيتو α-hydroxy or α-keto مما يوضح أن فشل الجسم فى تكوين الهيكل الكربونى للحامض الامينى الضرورى هو السبب الاساسى فى اعتبار هذه الاحماض ضرورية.

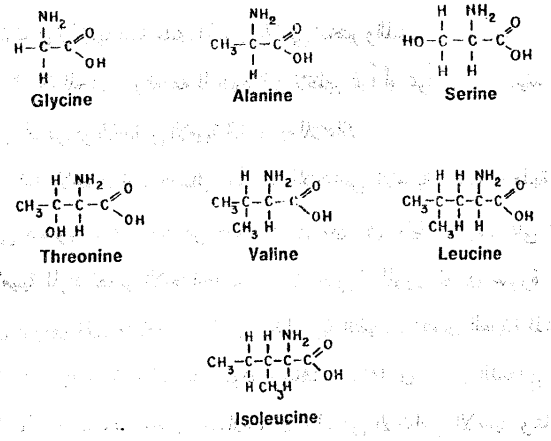
قدرت الاحتياجات الغذائية للاحماض الامينية فى الاسماك من خلال تغذيتها على علائق نقية purified diets تحتوى على الاحماض الامينية النقية فى صورة بللورية لعليقة مقارنة او عليقه ضابطه ومقارنة هذه العليقة بالعليقة المختبرة المماثلة لعليقة المقارنة فى تركيبها فيما عدى الحمض الامينى المختبر والذى لم يتم اضافته الى العليقة المختبرة والعليقة المختبرة التى لاتظهر نمواً أو نمواً أقل من عليقة الكنترول تمثل الحمض او الاحماض الامينية الضرورية للاسماك .

اما الاحتياجات الغذائية الكمية للاحماض الامينية فتقدر بتغذية الاسماك على مستويات متدرجة من حمض امينى معين فى عليقة تحتوى على الاحماض الامينية المراد تقدير الاحتياجات منها فى صورة بللورية او فى صورة خلطة ما بين بروتين نقى والاحماض الامينية البللورية النقية. ومحتوى العليقة المختبرة من الاحماض الامينية غالبا ما يكون مشابها لمحتواها فى بيض الدجاج او بيض الاسماك او مشابها لمحتوى عضلات الاسماك من الاحماض الامينية ونتائج النمو المترتبة على تجارب التغذية بمستويات متدرجة من الاحماض الامينية فى العلائق المختبرة يمكن على أساسها حساب وتقدير مستوى الحمض الامينى الذى لا

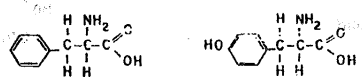
يحدث بعده اى استجابة فى معدلات النمو ويعبر هذا المستوى عن الاحتياجات الفعلية من هذا الحمض الامينى للوصول بالنمو الى حده الاقصى والذى بعده او اعلى منه لا تستجيب الاسماك فى نموها .



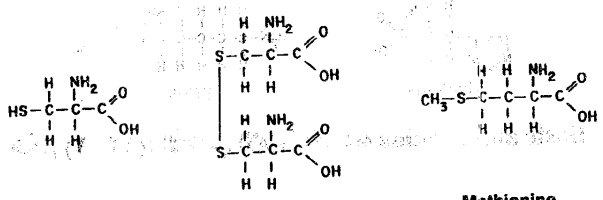
شكل (٢ – ٧): التركيب الأساسى للحمض الأمينى



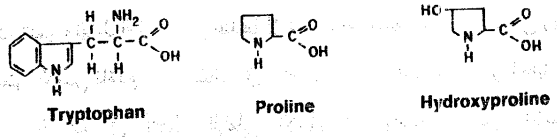
شكل (٢–٨): الأحماض الأمينية الأليفاتية **Aliphatic amino acids**



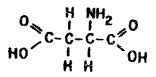
شكل (٢-٩): الأحماض الأمينية الأروماتية **Aromatic amino acids**



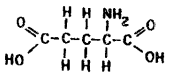
شكل (٢-١٠): الأحماض الأمينية الكبريتية **Sulfur amino acids**



شكل (٢-١١): الأحماض الأمينية مختلفة السلسلة **Heterocyclic series**

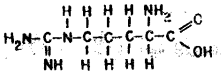


Aspartic acid

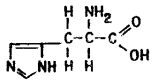


Glutamic acid

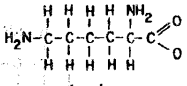
شكل (٢-١٢): الأحماض الأمينية الحامضية Acidic amino acids



Arginine



Histidine



Lysine

شكل (٢-١٣): الأحماض الأمينية القاعدية Basic amino acids

فى الدراسات الاولية عن احتياجات الاسماك من الاحماض الامينية كانت هذه الاحتياجات تقدر على اسماك السالمون من خلال الملاحظة بالعين المجردة . بعد ذلك استخدم النموذج الرياضى لطريقة روبين ونورتون وباكر عام (١٩٧٩) فى اسماك القرموط وذلك لتقدير الاحتياجات من الاحماض الامينية من خلال منحنيات النمو ونقاط الالتواء التى عندها لا تحدث استجابة فى النمو مع كل زيادة فى الحمض الامينى المقدم فى العليقة. فى عام (١٩٨٥) قدر سانتياجو احتياجين للاحماض الامينية فى أسماك البلطى الأولى الاحتياجات للنمو الاقصى maximum growth (Y_{max}) والثانية للمستوى من النمو الاقل من

الاحتياجات للنمو الاقصى (Y1) ولكن فى حدود ٩٥% من درجات الثقة للنمو الاقصى (Ymax). وامكن تطبيق هذه الطريقة بواسطة ادخال حسابات استجابة النمو فى معاملات الانحدار الغير خطى كما تم شرحه بواسطة زيتون وآخرين عام(١٩٧٦).

فى بعض الحالات يمكن للاسماك إستخدام حمض امينى غير ضرورى بدلاً من حمض ضرورى. فمثلا اسماك القرموط تنمو نمواً مرضياً عندما يكون المثيونين هو الحمض الامينى الكبريتى فى العليقة ولكن لا يكون النمو مرضياً فى حالة اذا ما كان السيستين هو الحمض الكبريتى الوحيد فى العليقة بالرغم من ذلك فان السيستين يمكن ان يحل محل ٦٠% من المثيونين. التيروزين وهو حمض امينى غير ضرورى حلقى يمكنه ان يوفر ويعوض نصف احتياجات اسماك القرموط من الفنيل الانين وهو حمض امينى حلقى التركيب وضرورى. وعدم اتزان الأحماض الأمينية فى علائق الأسماك يمكن أن يؤدى إلى انخفاض كفاءة النمو وذلك من خلال عملية التضاد بين هذه الأحماض وبعضها أو إلى التسمم الناتج من زيادة بعضها ونقص الآخر . لوحظ أيضا عند زيادة أحد الأحماض الأمينية عن الاحتياجات منه فان ذلك يؤدى إلى زيادة الاحتياجات من الأحماض الأمينية الأخرى المشابهة له فى التركيب أو قد يؤدى ذلك إلى التضاد antagonism و فى بعض الحالات لوحظ أن زيادة بعض الأحماض الأمينية عن الاحتياجات فى العلائق يكون له اثر سام مباشر وهذا الأثر لا يمكن تخفيفه بزيادة مستوى بعض الأحماض الأمينية الأخرى فى العليقة. وهذا ما يطلق عليه التسمم بالأحماض الأمينية amino acid toxicity. والعلائق المحتوية على خامات من مواد العلف التجارية مثل النواتج العرضية للحبوب أو الأكساب

الناتجة من عصير البذور والحبوب الزيتية وكذلك المخلفات الحيوانية لا تعتبر غير متوازنة فى محتواها من الأحماض الأمينية أساسا ولكنها تعتبر علائق خاصة .

الاحتياجات الكمية للأحماض الأمينية فى خمسة أنواع من الأسماك مبينة فى جدول (٢- ٤) مقارنة بإحتياجات الدواجن منها. فيما عدا الاحتياجات الغذائية من الأرجنين فان احتياجات الأسماك من الأحماض الأمينية الأخرى فى الأسماك تظهر اتجاها مشابها كما هو فى الحيوانات الأخرى. مع أستثناء كل من الأرجنين وكذلك المثيونين والسستين يلاحظ أن إحتياجات أسماك القرموط من الأحماض الأمينية الأخرى تشابه تلك الخاصة بأسماك السالمون من نوع chinook salmon. يلاحظ أيضا أن احتياجات كل من المبروك العادى common carp وكذلك ثعبان السمك japanese eel من الأحماض الأمينية عالية .

وعامة فان التباين فى الاحتياجات الغذائية من الأحماض الأمينية بين أنواع الأسماك المختلفة تعتبر أقل من تلك التى ذكرت فى بيانات التجارب الأولية السابقة مع ملاحظة أن البيانات الموجودة فى (جدول ٢-٤) هى بيانات مبنية على أساس نتائج كل نوع منفردا على حده. أيضا يجب ملاحظة أن بعض العوامل مثل حجم الأسماك ودرجة حرارة الماء والوراثة ومعدلات التغذية وتركيز الطاقة فى العليقة بالاضافة الى عوامل العليقة الأخرى وكذلك طرق تحليل البيانات كلها عوامل يمكن أن تؤثر على تقدير الاحتياجات من الأحماض الأمينية في الأسماك. ومن وجهة النظر الاقتصادية عند إنتاج علائق الأسماك التجارية فانه يجب إعادة تقييم احتياجات الأسماك من الأحماض الأمينية .

جـ ـ توفير احتياجات الاسماك من الاحماض الامينية في العلائق التجارية :-

احتياجات الأسماك من الأحماض الأمينية المبينة فى جدول (٢-٤) وكذلك الموجودة في الجداول الأخرى المنشورة بنيت على أساس أن الأحماض الأمينية المقدر الاحتياجات منها تكون متاحة بنسبة ١٠٠%، في حين أن محتوى مواد العلف من هذه الأحماض مقدرا على أساس محتواها الكلي (ليس المتاح) من هذه الأحماض ولذلك فإنه عند تكوين علائق الأسماك التجارية لتغطية احتياجات الأسماك من الأحماض الأمينية لابد من تصحيح وتعديل محتوى مواد العلف من الأحماض الأمينية الكلية على أساس المتاح أو المهضوم منها وذلك لضمان وجود الكميات اللازمة والمثلى منها فى العليقة. في هذا الصدد تم تقدير معاملات هضم الأحماض الأمينية لكل حامض أمينى على حده في أسماك القرموط عام (١٩٨١) وقد لوحظ أن معاملات هضم بعض الأحماض الأمينية تختلف باختلاف مواد العلف ، فعلى سبيل المثال فان معامل هضم الليسين الظاهرى يقل بحوالى ٢٧% فى كسب القطن عن مثيله في كسب فول الصويا . وعموما يمكن الاعتماد على معاملات هضم البروتين في تقدير المتاح من الأحماض الأمينية في مواد العلف المختلفة عندما لا تتوافر المعلومات عن مقدار المتاح من الأحماض الأمينية في مواد العلف. وحتى الآن لا يوجد من المراجع ما يشير لأهمية دعم علائق الأسماك بالأحماض الأمينية كإضافة غذائية وأثر ذلك على تحسين معدلات أداء النمو في الأسماك فقد وجد مثلا أن إضافة الأحماض الأمينية مثل الليسين ، المثيونين ، الهستيدين ، الليوسين بطريقة فردية لم تؤدى إلى تحسين النمو فى أسماك السالمون rainbow trout في حين أن إضافتها معا يمكن أن تحسن من معدل النمو. أوضحت نتائج بعض البحوث أن إضافة المثيونين إلى علائق السالمون (التروت) المحتوية على كسب فول الصويا أدت إلى تحسين النمو ولكن إضافة هذا الحمض الأمينى إلى كسب فول

الصويا المعاد معاملته حراريا لم تؤدى إلى تحسنا فى النمو. وجد أيضا أن إضافة المثيونين أو الليسين إلى كسب فول الصويا في علائق القرموط لم تكن مجدية ولكن إضافتها إلى كسب فول الصويا فى علائق المبروك أدى إلى تحسين فاعلية هذه العلائق فى زيادة معدلات النمو. وجد أيضا أن إضافة الحمض الأمينى ليسين إلى كسب الفول السودانى المعروف بقلة احتوائه على هذا الحمض الأمينى أدت إلى تحسن أداء النمو في أسماك القرموط.

هناك اعتقاد سائد وعام بأن الأسماك لا يمكنها الاستفادة من الأحماض الأمينية المضافة في صورة بلورية كإضافة غذائية مثل الكتاكيت حتى على الأقل لو أضيفت إلى أعلاف الأسماك مع العليقة مرة كل يوم. وجد أن أسماك المبروك الصغيرة المغذاة على أعلاف مضاف إليها الأحماض الأمينية النقية فى صورتها البلورية بمستويات عالية وذلك مرة فى اليوم أن هذه الأسماك أفرزت حوالي ٤٠ % من الأحماض الأمينية الحرة خلال الكلية أو الخياشيم. وجد أيضا أن زيادة عدد مرات التغذية إلى أربعة مرات/يوم أدت إلى تحسن في الاستفادة من الأحماض الأمينية المضافة فى صورة بلورية وهذه الحقيقة تؤيد مفهوم أن الأسماك مثل الخنزير لا يمكنها الاستفادة من الأحماض الأمينية البلورية (المنتجة صناعيا) بصورة جيدة إذا ما أضيفت لأعلافها مرة فى اليوم وذلك لأن مثل هذه الأحماض الأمينية لا تمتص في الأمعاء فى نفس الوقت مثل تلك المأكولة فى صورة بروتين علفى.

د- احتياجات الاسماك من البروتين : Protein requirements of fish

توصى جداول الاحتياجات الغذائية بالحد الأدنى من مستوى البروتين من علائق نوع معين من الأسماك وهنا لابد من افتراض ان هذا البروتين متزن في

محتواه من الاحماض الامينية وتشير التقارير العلمية الى ان الحد الامثل للبروتين فى أعلاف الأسماك تتراوح ما بين ٢٥ إلى ٥٠% هذه التقارير العلمية هى عبارة عن نتائج بحوث بنيت على أساس أن مستوى البروتين الذى أوصى به كان يمثل الحد الأمثل تحت الظروف التجريبية لهذه البحوث حيث أن هناك العديد من العوامل تؤثر على استجابة نمو الأسماك للأغذية المحتوية على مستويات مختلفة من البروتين مثل حجم الأسماك ودرجة حرارة الماء ومعدل التغذية وكمية الطاقة بالعليقة من المصادر الغير بروتينية ونوعية البروتين وكذلك الغذاء الطبيعى المتاح .

وعموماً تزداد احتياجات الأسماك من البروتين فى الأعمار الصغيرة عن الأعمار الكبيرة. أوضحت نتائج البحوث أن أسماك القرموط فى وزن ٣ جرام تحتاج إلى كمية من البروتين يوميا أكبر ٤ مرات من كمية البروتين التى تحتاجها الأسماك في وزن ٢٥٠ جرام وذلك للحصول على الحد الأعلى من معدلات النمو وبالرغم من ذلك فان النسبة بين البروتين إلى الطاقة لا تتغير كثيرا فى العلاقة خلال هذه الأوزان أو الأعمار. وجد أيضا أن أسماك القرموط الصغيرة يمكنها النمو بكفاءة عند تغذيتها على عليقة بها ٢٧% بروتين عن تلك المحتوية على ٣٨% بروتين عندما يكون محتوى العليقة من الطاقة منخفضا ولكن عند زيادة محتوى العليقة من الطاقة ينخفض معدل استهلاك الغذاء وتصبح العلائق المحتوية على المستويات القليلة من البروتين غير كافية لإنتاج معدل نمو مرغوب.

جدول (٢ – ٤): الاحتياجات من الأحماض الأمينية الضرورية لعدة أنواع من الأسماك مقارنة بالدجاج (كنسبة مئوية من البروتين)

الحامض الامينى	ثعبان السمك الياباني [١]	المبروك العادى	القرموط	سمك السالمون [٢]	البلطى النيلى [٣]	الدجاج [٢]
الارجنين	٤,٥	٤,٢	٤,٣	٦	٤,٢	٥,٦
الهستدين	٢,١	٢,١	١,٥	١,٨	١,٧	١,٤
الايزوليوسين	٤,١	٢,٣	٢,٦	٢,٢	٣,١	٣,٣
ليوسين	٥,٤	٣,٤	٣,٥	٣,٩	٣,٤	٥,٦
ليسين	٥,٣	٥,٧	٥,١	٥	٥,١	٤,٧
ميثونين + سيستين	٥	٣,١	٢,٣	٤	٣,٢	٣,٣
فينيل ألانين + تيروزين	٥,٨	٦,٥	٥	٥,١	٥,٧	٥,٦
ثريونين	٤,١	٣,٩	٢	٢,٢	٣,٦	٣,١
تريبتوفان	١	٠,٨	٠,٥	٠,٥	١	٠,٩
فالين	٤,١	٣,٦	٣	٣,٢	٢,٨	٣,٤

(١) Arai (1986)
(٢) NRC (1979& 1981 & 1983 & 1984)
(٣) Santiago (1985)

أسماك المياه الباردة والدافئة تستجيب لمستويات بروتين الغذاء المرتفعة عند درجات الحرارة المرتفعة وذلك تحت ظروف التربية المعملية أو الاستزراع في الأحواض . وقد يكون ذلك بسبب أن مصادر الطاقة العلفية الغير بروتينية لاتهضم ولاتمثل مثل البروتين على درجات الحرارة المنخفضة وبالتالي ففعلها التوفيرى للبروتين يكون أقل أى أن كفاءتها في توفير البروتين كمصدر للطاقة يقل مع انخفاض درجة حرارة الماء.

يعتبر الغذاء الطبيعى natural food الذى تتناوله الأسماك في الأحواض مصدرا هاما للبروتين وتتأثر كميته بإنتاجية الأحواض وخصوبتها وكذلك العادات الغذائية لأنواع الأسماك المرباه وكذلك كثافة الأسماك بالحوض. ومصادر البروتين في الغذاء الطبيعي بالأحواض تكون أساساً حيوانية وذات قيمة حيوية عالية وتحتوي على الأقل على ٥٠ % من تركيبها من البروتين في المادة الجافة. لذلك يساهم هذا المصدر الطبيعى للبروتين معنوياً في خفض البروتين المقدم في العليقة الصناعية المستخدمة. على سبيل المثال أسماك البلطى وكذلك الجمبرى يمكنها النمو على مستويات منخفضة نسبيًا من البروتين ٢٥% أو أقل بطريقة مماثلة لنموها على العلائق ذات مستوى البروتين الأعلى وذلك إذا ما توافر الغذاء الطبيعى لها في الأحواض بشكل يمثل جزء أساسى من غذائها ولكن النوعين السابقين يستجيبان فى نموهما لمستويات البروتين العالية في العليقة إذا كانت الأحواض تحتوي على كميات محدودة من الغذاء الطبيعي.

عموماً فالأسماك عندما تعاني من نقص فى الغذاء المتاح فإنها تستجيب لمستويات البروتين المرتفعة في علائقها وهذا أمكن مشاهدته في سلسلة من تجارب تغذية أسماك القرموط المرباة في أحواض ترابيه. وأسباب التداخل بين

معدلات التغذية اليومية ومستوى البروتين بالعليقة للوصول إلى الحد الأقصى من النمو مازالت غير واضحة حيث أنه من المعروف أن العلائق المحتوية على مستويات عالية من البروتين تؤدي إلى تغطية احتياجات الأسماك من البروتين بطريقة أفضل خلال فترات تحديد الغذاء. أيضا عندما تتعرض الأسماك لنقص في الغذاء فان مستويات البروتين المرتفعة في الغذاء ستؤدى إلى استخدام الأسماك هذا البروتين فى سد احتياجاتها من الطاقة إذا لم تتسع النسبة ما بين البروتين إلى الطاقة فى العليقة .

هـ ـ تخليق البروتين في الإسماك : Protein synthesis in fish

عملية تخليق البروتين فى أنسجة الحيوانات من العمليات المعقدة يشترك فيها الحمضان النوويان الديزوكسى ريبوز DNA والريبونيوكليك RNA وكذلك ريبوسومات الخلايا. ويقوم الحمض النووى DNA وهو مكون كروموسومى بالخلية يحمل المعلومات الوراثية للخلية وينقل منها الصفات الوراثية من جيل الى الجيل التالى له. ويتضمن التركيب الجزئى للحمض النووى DNA أربعة قواعد أزوتية (الأدينين – الجوانين – السيتوزين – الثيمين) مرتبطة تبادليا مع الفوسفات والسكر الخماسى ديزوكسى ريبوز . وجزىء الحمض النووى DNA يكون فى صورة صفيرة double helix محتويه على سلسلتين معكوستين فى الاتجاه ومرتبطتان بواسطة روابط هيدروجينية حيث يرتبط الأدنين دائما مع الثيمين وترتبط قاعدة الجوانين مع السيتوزين. ويختلف ترتيب القواعد الأزوتية وهذا الترتيب يحدد نوع البروتين الذى سيتم تخليقه. بمعنى أن المعلومات الوراثية المنتقلة من خلية فى جيل إلى جيل تالى له يحددها ترتيب القواعد الأزوتية فى جزىء الحمض النووى. والحمض النووى DNA يحدد عملية تطور الكائن الحى من خلال تحكمه فى تكوين الحمض النووى الآخر

RNA والتركيب الكيميائى للحمض النووى RNA مشابهة لذلك الخاص بالحمض DNA ماعدا أن سكر الريبوز فى الأول تبدل بسكر الديزوكسى ريبوز فى الثانى والقاعدة الآزوتية يوارسيل فى الثانى حلت محل الثيمين فى الأول وفى الحمض النووى RNA ترتبط النيوكليوتيدات Nueleotides مع بعضها من خلال مجاميع الفوسفات لتكون سلسلة مفردة يمكن أن تلتف فى بعض المواقع لتكون ضفيرة .

هناك ثلاثة أنماط أو أنواع من RNA فى الخلية تساهم فى عملية تخليق البروتين:

الأول : - RNA حامل الشفرة الوراثية

(m-RNA) messenger RNA

الثانى : - ناقل الأحماض الأمينية (t-RNA) transfer RNA

الثالث : - الحمض النووى RNA الريبوزومى (r-RNA)

الحمض النووى حامل الشفرة الوراثية m-RNA يقوم بحمل الشفرة الوراثية المنسوخة transcribed من الحمض DNA ويحدد تتابع الأحماض الأمينية فى البروتين الذى سيتم تخليقه .

أما الحمض النووى ناقل الأحماض الأمينية t- RNA فيقوم بنقل الأحماض الأمينية الى الريبوزومات حيث تتفاعل وتتداخل مع m-RNA حامل الشفرة الوراثية . أما الحمض النووى r-RNA الريبوزومى وهو جزء من تركيب الريبوزم يمثل موقع تخليق وتكوين البروتين فى الخلية وفى جزىء البروتين المخلق ترتبط الأحماض الأمينية فى تتابع يحدده ترتيب القواعد الأزوتية فى الحمض النووى m-RNA حامل الشفرة الآتية له من الحمض DNA. وتتم عملية إضافة الأحماض الأمينية الى الببتيد العديد المتكون بسرعة كبيرة . فعلى سبيل المثال تتم عملية تخليق سلسلة بروتين الهيموجلوبين بمعدل اضافة حمضين

أمينين الى السلسلة كل ثانية بحيث يتم تكوين جزىء من الهيموجلوبين الذى يحتوى على حوالى ١٤١ الى ١٤٦ حمض أمينى خلال ١,٥ دقيقة.

خامساً : الفيتامينات Vitamins

الفيتامينات مركبات عضوية تحتاج اليها الحيوانات والأسماك فى علائقها بكميات قليلة نسبياً وذلك للنمو والصحة العامة وكذلك وظائف أعضائها المختلفة. والفيتامين الذى يعتبر ضروريا لأحد أنواع الحيوانات قد لايعتبر ضرورياً لنوع آخر فعلى سبيل المثال فالانسان ومعظم الأسماك تحتاج الى فيتامين ج فى غذائها فان معظم حيوانات المزرعة لاتحتاج اليه و بالرغم من أن احتياجات الحيوانات من الفيتامينات قليلة فان أعراض نقص هذه العناصر الغذائية (الفيتامينات) يمكن أن تسبب أعراضا تبدأ من فقدان الشهية الى حدوث تشوهات حادة فى الأنسجة. ويوضح جدول (٢-٥) أعراض نقص الفيتامينات فى كل من أسماك القرموط channel catfish وأنواع السالمون salmonids والمبروك العادى common carp وثعبان السمك الياباني Japanese eel .

وتقسم الفيتامينات الى فيتامينات ذائبة فى الماء Water soluble وفيتامينات ذائبة فى الدهون Fat soluble. ثمانية من أفراد الفيتامينات الذائبة فى الماء تحتاج اليها الأسماك بكميات صغيرة حيث أنها تقوم بوظيفة المعاونات الانزيمية co-enzymes وتعرف بمجموعة فيتامين ب المركب الذائبة فى الماء water soluble B-complex. وثلاثة من الفيتامينات الذائبة فى الماء لها وظائف أخرى غير وظيفة المعاون الانزيمى ويطلق عليها أحيانا الفيتامينات الكبرى لمجموعة ب المركب هذه المجموعة تتضمن فيتامين ج وكذلك

الميوانيوسيتول myo-inositol والكولين choline. وفيتامينات أ ، د ، هـ ، ك (A , D , E , K) مجموعة الفيتامينات الذائبة فى الدهون .

جدول (٢-٥): أعراض نـــقص الفيتامينـــات فى الأسمـــاك

الفيتامين	أسماك القرموط	أسماك السالمون	المبروك العادي	ثعبان السمك الياباني
أ (A)	ارتشاح وتورم العين – استسقاء بريتوني	ارتشاح لودمي – تغير مكان عدسة العين – اضمحلال في القرنية والشبكية – استسقاء بريتوني – زوال لون الجلد	زوال لون الجلد – التواء في حفن العين – نزف دموي في الجلد والزعانف	
د (D)	انخـــفاض في محتوى العظـــام من الرماد	اختلال في توازن الكالسيوم – تقلص في العضـــلات الهيكلية البيضاء		
هـ (E)	اضمحلال في العضلات– الاستعداد للارتشاح الاودمي– زوال لون الجلد – نقص قيم الهيماتوكريت – تلون الاعضاء الغنية بالاوعية الدموية بلون الهيموجلوبين–اكسدة دهون خلايا الكبد – تكسر خلايا الدم الحمراء	الانيميا –تكسر في خلايا الدم الحمراء الى احجام مختلفة – استسقاء –اضمحلال في العضلات – اكسدة دهون الكبد –انخفاض المناعة– اختلال في تلوين الجلد .	اضمحلال العضلات – جحوظ العين – اضمحلال الكلية والبنكرياس – انتفاخ الاعضاء الغنية بالاوعية الدموية لسوائل السيرم	نزيف في الجلد والزعانف – التهابات جلدية

الفيتامين	أسماك القرموط	أسماك السالمون	المبروك العادي	ثعبان السمك الياباني
ك (K)	نزيف تحت الجلد — زيادة في زمن تجلط الدم	الانيميا — زيادة في زمن تجلط الدم		
الثيامين Thaimin	-لون الجلد غامق — اختلال الاتزان —تقلصات عضلية — زيادة الحساسية للمؤثرات	زيادة الاستجابة للمؤثرات— تقلصات عضلية— فقدان الاتزان — نقص في نشاط الانزيم الناقل لمجموعة الكيتون	احتقان في الزعانف — اختلال في التوازن العصبي — اختلال في تلون الجلد	احتقان الزعانف — نزيف تحت الجلد — انتفاخ غازي في منطقة الجذع
الريبوفلافين Riboflavin	تاخر في النمو — قصر في طول الجسم	وجود مياه في عدسة العين — التصاق عدسة العين بالقرنية — انخفاض نشاط الجلوتاثيون المختزل في كرات الدم الحمراء — لون الجسم داكن	نزف بالجلد والزعانف — نزف بعضلة القلب — موت انسجة الاجزاء الامامية من الكلية	التهابات حادة — الخوف من الضوء — نزف في الزعانف ونزيف داخلي بالتجويف البطني
البيريدوكسين Pyridoxine	اختلال في الجهاز العصبي— تقلصات عضلية — تلون الجسم باللون الاخضر المزرق	— تقلصات عضلية — زيادة الحساسية للمؤثرات والتهيج — العوم بطريقة لولبية — زيادة سرعة التنفس	اختلال في النظام العصبي— نزيف — ارتشاح جلدي — نقص في انزيمات النقل الكبدية وكذلك في البنكرياس— التهابات جلدية	اختلال في النظام العصبي— تقلصات عضلية

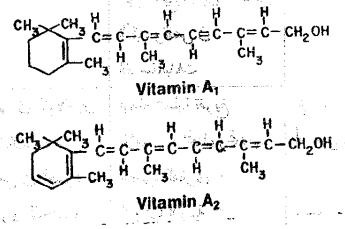
الفيتامين	أسماك القرموط	أسماك السالمون	الميروك العادي	ثعبان السمك الياباني
حمض البانتوثينك Pantothenic	تغطية الخياشيم بطبقة من الأنسجة المتورمة - الأنيميا - تقرح جلد الفك السفلي	اعوجاج أغطية الخياشيم وتورمها — الأنيميا اضمحلال خلايا البنكرياس العنقودية وكذلك فراغات قنوات الكلية	تأخر النمو - زيادة افراز الخلايا المخاطية على الجلد	العوم بطريقة غير طبيعية - تلون الجلد باللون الغامق
البيوتين Biotin	تغيرات فى تلوين الجلد - أنيميا — انخفاض فى نشاط انزيم كربوكسيليز البيوونات بالكبد	تآكل فى الغطاء الخيشومى - تقرحات جلدية - تدهن الكبد - انخفاض فى نشاط كربوكسيليز البيووفات وكذلك اسيتيل ترين أ - انخفاض معدل تخليق الاحماض الدهنية — اضمحلال في خلايا البنكرياس العمودية	انخفاض معدلات النمو وزيادة افراز المخاط من الجلد	عدم اتزان الحركة اثناء العوم - تلون الجلد باللون الداكن
النياسين Niacin	تقرحات على الجلد والزعانف - الأنيميا وتشوهات فى الفكوك وارتشاح أوديمى	تقرح الجلد والزعانف — الأنيميا - تقرحات فى منطقة القولون والحساسية الشديدة للضوء مع تقرحات تشبه الحروق	بقع نزفية على الجلد	عدم اتزان الحركة أثناء العوم - تلون الجلد بلون غامق - الأنيميا وتقرح الجلد
حمض الفوليك Folic acid	انخفاض فى معدلات النمو	الانيميا - وشحوب لون الخياشيم - كبر خلايا الدم الحمراء فى الحجم وتكسرها	لم تظهر أعراض لنقص هذا الفيتامين	تأخر النمو - لون الجلد الداكن

الفيتامين	أسماك القرموط	أسماك السالمون	المبروك العادي	ثعبان السمك الياباني
فيتامين ب١٢ B 12	انخفاض فى عدد كرات الدم الحمراء (قيم الهيماتوكريت)	الأنيميا – صغر حجم كرات الدم الحمراء وتكسرها	لم تظهر أعراض لنقص هذا الفيتامين	تأخر النمو
الكولين Choline	تدهن الكبد – نزف كلوى ومعوى	تدهن الكبد	تدهن الكبد	تلون الأمعاء باللون الأبيض الرمادى
الأينوسيتول Inositol	لم تظهر أعراض لنقصه	ابطاء عملية تفريغ الأمعاء – نقص نشاط انزيم الكولين استريز وانزيمات نقل بجاميع الأمين – تدهن الكبد ونقص فى الفوسفاتيدات	تقرحات جلدية	تلون الأمعاء باللون الأبيض الرمادى
فيتامين ج Vit . c	نقص فى كولاجين العضلات – تقوس فى العمود الفقرى للجانب وتحدب العمود الفقرى للأمام زيادة التعرض للعدوى البكتيرية بطىء التئام الجروح ونقص قيم الهيماتوكريت	ابطاء عملية تفريغ الامعاء – انحناء وتحدب العمود الفقرى – الاوديما الترفية – استسقاء – نقص فى قيم الهيماتوكريت – تشوه فى أغطية الخياشيم – تغيرات هستوليجية غير طبيعية فى الغضاريف الدعامية بالعين والخياشيم	لم تظهر أعراض لنقصه	نزف جلدى ونزف بالزعانف– تقرحات على اغشية الفك السفلى

أ- الفيتامينات الذائبة فى الدهن Fat soluble vitamins

١- فيتامين أ Vitamin A

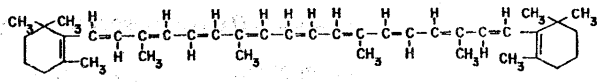
يوجد هذا الفيتامين فى الأنسجة الحيوانية ولايوجد بصورتة كفيتامين فى النباتات. ويوجد هذا الفيتامين فى صور كحولية حرة كريتنول retinol أو فى صورة أستر للأحماض الدهنية طويلة السلسلة الكربونية. ويقاس تركيز فيتامين أ بالـــوحدات الدولية. وتعادل الوحدة الدولية مئة ٣ر٠ ميكروجرام. وقد أمكن عـــزل فيتامين أ١ ($C_{20}H_{30}O$) من الأنسجة الدهنية ،لعدد كبير من الأسماك والحـــيوانات الأرضية وأمكن إستخلاص فيتامين أ٢ ($C_{20}H_{28}O$)من بعض أسماك المياه العذبه (شكل ٢-١٤).



شكل (٢-١٤): فيتامين أ

تنـــتج النـــباتات صبغة لونها مابين الأحمر والأصفر وهو مايطلق عليه الكاروتينات بعضها يظهر نشاطا مثل نشاط فيتامين أ. البيتاكاروتين (شكل ٢-١٥) يظهر أكبر قدر من نشاط فيتامين أ. وهذا المركب يمكنه أن ينتج جزيئين من جزيئات فيتامين أ وذلك عند تحلله تحللاً مائياً بسيطاً وبالرغم من ذلك فإن نشاط البيتا كاروتين المساوى لنشاط فيتامين أ أقل من ذلك بكثير بمعنى أن تحلل البيتا كاروتين المائى

إلى فيـــتامين أ لايعطى ضعف نشاط هذا الفيتامين فى الواقع. العديد من أنواع الأسماك يمكنها إستخدام البيتا كاروتين كمولد لفيتامين أ وبالرغم من هذا فقد وجـــد بعض العلماء أن أسماك المياه الباردة يمكنها الإستفادة من البيتا كاروتين على درجة ١٤°م وليس على ٩°م.



شكل (٢-١٥): البيتا كاروتين

وجد أيضاً أن أسماك القرموط يمكنها تحويل البيتا كاروتين إلى فيتامين أ ١ ، أ٢ بمعـــدل ١:١ أى أن كـــل جزئ بيتا كاروتين يعطى ما يماثل جزئ من فيتامين أ. وفيتامين أ مثل باقى الفيتامينات الذائبة فى الدهن يخزن بكميات كبيره فى الكـــبد إذا مازاد المأكول منه عن إحتياجات الحيوان. فى بعض الأحيان يمكن لبعض الأسماك أن تخزن كميات كبيرة من هذا الفيتامين لدرجة أنه يصبح ساماً لها (أعـــراض زيـــادة الفيتامين) **hypervitaminosis** وهذا يحدث فى حالة تناول الأسمـــاك علائـــق بهـــا زيادة كبيرة لتركيز هذا الفيتامين ولمدة طويلة. وتتلخص الوظائف الفسيولوجية لهذا الفيتامين فى الآتى:

١- يلعـــب دوراً هامـــا فى عملـــية الرؤية **vision** حيث يتحد الريتينول مع الأوبســـين **opsin** وهو مركب بروتينى ليكون الرودوبسين **rohdopsin**

وهو مركب أساسى فى التفاعلات الضوءكيماوية فى شبكية العين retina خلال عملية الرؤية.

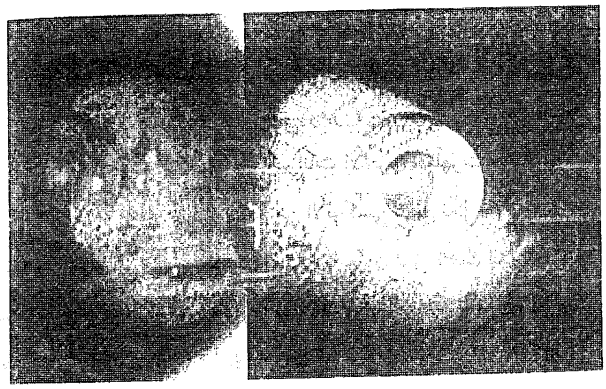
٢- يلعب دوراً فى الحفاظ على الأنسجة الطلائية mucosal membranes المبطنه لبعض أعضاء الجسم مثل القناه الهضمية والجهاز التنفسى والعين. فى حالة نقص هذا الفيتامين تفشل الخلايا الطلائية epithelial cells فى أن تتحول من النموذج الحرشفى squamous إلى الشكل المفرز للمخاط mucus-secreting type وكذلك تفشل خلايا الطبقة المتوسطة (الحشو المتوسط) mesenchymal cells إلى التحول إلى مرحلة مابعد المرحلة الجرثومية blast stage. ولذلك فى حالة نقص فيتامين أ فإن الأغشية الطلائية المبطنة للعين وبعض الأعضاء بالجسم تتحول إلى خلايا قرنية وبالتالى تقل مقاومتها للعدوى البكتيرية. ومن أعراض نقص هذا الفيتامين العامه هى إختلال وظائف الأنسجة الطلائية ومايصاحبها من أعراض. أيضاً تختل عمليات التناسل فى معظم الحيوانات نتيجة لنقص هذا الفيتامين.

٣- أمكن ملاحظة أعراض نقص فيتامين أ فى أسماك السالمون حيث تلخصت فى إنخفاض معدلات النمو مع هتان فى لون الجلد وإستسقاء مع تغيرات باثولوجية فى العين صاحبها نزف فى القرنية مع جحوظ بالقرنية وتغير فى وضع عدسة العين مع ترققها وإضمحلال فى الشبكية وتعرج فى أغطية الخياشيم (شكل ٢-١٦).

٤- فى أسماك القرموط وجد أن التغذية لمدة طويلة (أكثر من عامين) على أعلاف بها نقص فى فيتامين أ أدت إلى جحوظ فى العينين والإرتشاح الأوديمى وكذلك نزف بالكلية.

٥- فى أسمـــاك للبروك أدى نقص فيتامين أ إلى أعراض هتان لون الجلد مع نزف دموى فى الزعانف والجلد وححوظ العيون بالإضافة إلى تشوهات فى الغطاء الخيشومى.

وكل من الريتينول والبيتاكاروتين حساس جداً للأكسدة ولذلك فالمصادر الطبيعية لفيتامين أ يمكن أن تتأكسد لدرجات مختلفة إذا لم تحفظ جيداً، لذلك يجب إضافة فيتامين أ إلى علائق الأسماك. وفيتامين أ المنتج قابل للأكسدة حيث يخلق فى صورة أسترات حمض الخليك أو البالمتيك أو حمض البروبيونيك.

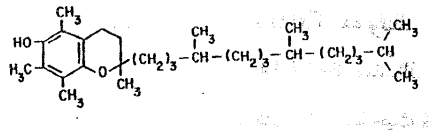


شكل (٢-١٦): أعراض نقص فيتامين أ

٢- فيتامين هـــ **Vitamine E**

يـــوجد فيـــتامين هـــ علـــى الأقـــل فى ثمـــانى من التوكوفيرولات tocopherols الموجـــودة بالنـــباتات. والألفاتوكوفيرول (شكل ٢-١٧) له النشـــاط الأكـــبر لمجموعة فيتامين هـــ وتقاس فاعليتها بالوحدات الدولية حيث تساوى الوحدة الدولية فى فاعليتها الحيوية فاعلية ١ ملليجرام من د-الفاتوكوفيرول

D-α-tocopherol. وفي السابق كانت الفاعلية الحيوية لفيتامين هـ كانت تقاس بالجرعة اللازمة منه لمنع إمتصاص الأجنة فى الفئران.



شكل (٢-١٧): الألفا توكوفيرول

بعض مضادات التأكسد التجارية مثل ethoxyquin والتى ليس لها علاقة من ناحية التركيب الكيميائى بالتوكوفيرولات تظهر نشاطاً مثل نشاط فيتامين هـ فى الأسماك وبعض الحيوانات الأخرى. اظهرت نتائج بعض الدراسات أن جرعة مقدارها ١٢٥ مجم من الأثوكسى كوين لكل كيلوجرام من العليقة أمكنها منع ظهور أعراض نقص فيتامين هـ فى أسماك القرموط التى تتضمن إضمحلال العضلات ولكن الجرعة السابقة لم تكن لها فاعلية جرعة مقدارها ٢٥ مجم/كجم علف من الألفاتوكوفيرول فى أثرها على نمو الأسماك. لذلك فإنة من الناحية الإقتصادية يمكن إستخدام مضادات الأكسدة التجارية بدلاً من الألفاتوكوفيرول فى أعلاف الأسماك.

الوظائف الفسيولوجية لفيتامين هـ وأعراض نقصة:-

١- من الوظائف الأساسية لفيتامين هـ هو دورة كمضاد للأكسدة فى عمليات التمثيل الغذائى خاصة فى الحفاظ على الفوسفولبيدات الغيرمتشبعة الموجودة فى أغشية الخلايا من التأكسد مثل خلايا كرات الدم الحمراء وكذلك تراكيب الخلية الداخلية مثل الميتاكوندريا.

٢- تـــزداد الإحتياجات الغذائية من هذا الفيتامين فى معظم الحيوانات عند زيـــادة محـــتوى الأعلاف من الأحماض الدهنية الغير مشبعة خاصة عند تأكسد جزئ منها لذلك يجب إضافة كميات إضافية منه.

٣- وجد أن الإحتياجات الغذائية من فيتامين هـــ تزداد عند وجود نقص فى عنصر السلينيوم. وعنصر السلينيوم يعتبر جزءاً مكونا لإنزيم بيروكسيديز الجلوتاثـــيون glutathione peroxidase وهـــو يعمـــل على إزالة البيروكســـيدات الناتجة أثناء عملية التمثيل الغذائى. وحتى الآن لم يعرف دور فيـــتامين هـــ فى أى نظام من النظم الإنزيمية بالرغم من ملاحظة أن غـــيابه يؤدى إلى خلل فى بعض النظم الإنزيمية المتضمنة فى تخليق كل من الـــبورفيرين porphyrin وكـــذلك الهـــيم heme فى بعـــض أنواع الحيوانات.

٤- امكن تسجيل بعض الأختلافات الفسيولوجية فى الحيوانات التى تعرضت لنقص فيتامين هـــ من الأعراض الشائعة لنقص هذا الفيتامين هو ضمور العضـــلات الـــذى أمكـــن إظهارة فى بعض أنواع الأسماك والحيوانات المزرعية (شكل ٢-١٨).

٥- نقص هذا الفيتامين يؤدى إلى تغيرات باثولوجية فى الأجهزة التناسلية لكل من الذكور والإناث يصحبها تناقصاً فى معدلات الخصوبة ومعدلات التوالد.

٦- نقـــص فيتامين هـــ يؤدى إلى زيادة نفاذية الشعيرات الدموية فى مختلف أجزاء الجســـم ممـــا يســـبب الـــترف وكذلك الإرتشاح الأوديمى exudative diathesis وتجمع بعض سوائل الجسم تحت الجلد فى منطقة البطن (فى بعض الأحيان تتلون منطقة تجمع السوائل باللون المخضر بسبب تجمع الهيموجلوبين

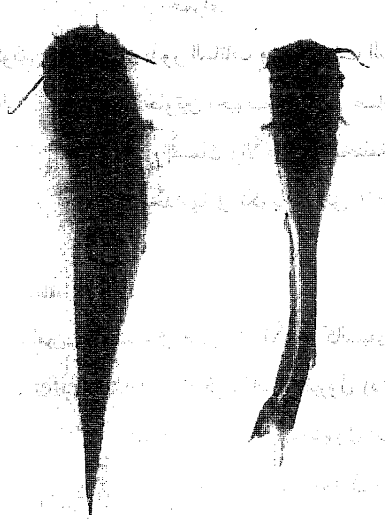
المستحلل) وهذه الظاهرة أمكن ملاحظتها فى أسماك القرموط والسالمون عند تغذيتها على علائق فقيرة فى محتواها من فيتامين هـ.

٧- نقص فيتامين هـ يسبب تناقص فى مقدرة كرات الدم الحمراء على مقاومة إضمحلال أغشيتها نتيجة تأثير تراكم البيروكسيدات. كذلك نقص هذا الفيتامين يؤدى إلى ظهور اعراض الأنيميا الحادة التى يمكن تمييزها بوجود كرات دم حمراء غير ناضجة وغير منتظمة الشكل والحجم.

٨- من أعراض نقص فيتامين هـ التى لوحظت فى العديد من أنواع الأسماك هى ظاهرة تدهن الكبد fatty liver مع وجود تجمعات دهنية قاتمة اللون بالكبد وكذلك مرض سيكوك sekoke فى المبروك العادى الذى يميزه ضعف سمك اللحم فى منطقة الظهر وهذا المرض يمكن إزالة أعراضة عند إضافة هذا الفيتامين إلى أعلاف الأسماك.

٩- هناك بعض المعايير الأكلينيكية التى تتضمن قياس كرات الدم الحمراء erythrocyte fragility وكذلك الفحوص الهستولوجية للأنسجة خاصة تقرن الألياف العضلية يمكن أن تساعد على تحديد النقص فى هذا الفيتامين. فى معظم الحالات التجريبية والتطبيقية حيث أمكن إظهار أعراض نقص فيتامين هـ حيث كانت العلائق تحتوى على مستويات مرتفعة من الأحماض الدهنية الغير مشبعة أو كانت الأعلاف خالية من عنصر السيلينيوم. بالرغم من ذلك فقد تمكن بعض الباحثون من إظهار أعراض نقص فيتامين هـ فى أسماك القرموط المغذاه على علائق تحتوى على نسبة منخفضة من الأحماض الدهنية الغير مشبعة عند التغذية على الدهون الحيوانية حيث ظهرت أعراض إضمحلال العضلات بصورة حادة وكذلك الأعراض الأخرى لنقص هذا الفيتامين مما يثبت أن أعلاف الأسماك التى لاتحتوى على مستويات عالية من

الأحماض الدهنية الغير مشبعة مثل تلك المستخدمة فى تغذية أسماك المياه الدافئة يمكن أن تؤدى إلى نقصاً فى معدلات النمو وظهور أعراض نقص فيتامين هـ عندما تكون فقيره فى هذا الفيتامين.



شكل (٢-١٨): أسماك القرموط (على يمين الصوره) تعانى من ضمور العضلات حيث غذيت على علائق بها نقص فى فيتامين هـ- على اليسار سمكة غذيت على عليقة بها ١٢٥ مجم ايزوكسى كوين أو ٢٥ مجم/كجم عليقة من الألفاتوكوفيرول ولاتظهر ضمورا فى العضلات .

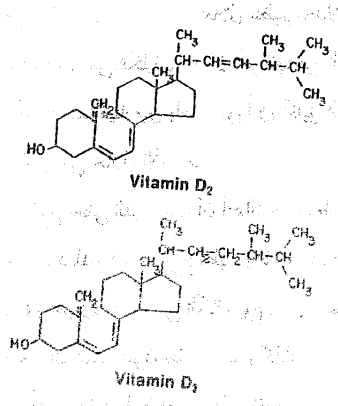
أوضحت بعض الدراسات أن أسماك التروت rainbow trout تعتبر غير حساسة نسبياً لنقص فيتامين هـ إلا إذا إحتوت أعلافها على أحماض دهنية غير مشبعة متأكسدة. تمت دراسة أثر الجرعات الزائدة من فيتامين هـ في أسماك التروت التي غذيت على جرعات زائدة من هذا الفيتامين (حوالى ١٠٠ مرة أكثر من الإحتياجات) أى مايعادل ٥٠٠٠ مجم من الألفاتوكوفيرول/كجم علف حيث أنخفض بها تركيز كرات الدم الحمراء.

ويوجد الألفا توكوفيرول في معظم بذور النباتات ويعتبر الزيت النباتي من أهم مصادر هذا الفيتامين وكذلك حلوتين الحبوب ومخلفات صناعة البيرة والردة. وتعتبر الحبوب الكاملة ومسحوق السمك والأكساب المختلفة فقيرة في هذا الفيتامين وتحتاج إلى إضافته عند إستخدامها في تكوين علائق الأسماك.

٣- فيتامين د Vitamin D

ويوجد هذا الفيتامين في الطبيعة في صورتين: الأرجوكالسيفيرول اى فيتامين د٢ (D2) ergocalciferol أو الكوليكالسيفيرول (د٣) وتحول الأشعة الفوق بنفسجية مولدات هذا الفيتامين (الأرجوستيرول الموجود في النبات) وكذلك مركب ٧-ديهيدروكسي كوليستيرول (الموجود في الحيوانات بالجلد) إلى فيتامين د٢ ، د٣ على التوالي. الحيوانات التي لاتتعرض لضوء الشمس تحتاج إلى مصدر لهذا الفيتامين في غذائها. والأسماك نظراً لوجودها في الماء فهي لاتتعرض للأشعة فوق البنفسجية بالقدر الكافي نظراً لعدم قدرة هذه الأشعة إلى إختراق أعماق كبيرة في الماء. معظم الحيوانات الزراعية الأرضية ماعدا الدواجن يمكنها تمثيل فيتامين د٢ ، د٣ ولكن الأسماك يمكنها فقط إستخدام فيتامين د٣ أما فيتامين د٢ فإستفادة الأسماك منه تكاد تكون منعدمه

أو قليلة جداً. و يوضح شكل (٢-١٩) التركيب الكيميائى لكل من فيتامين د ٢، د٣.



شكل (٢-١٩): صور فيتامين د

أسماك السالمون يمكنها الإستفادة من فيتامين د٣ بمعدل ثلاثة أضعاف مقدار إستفادتها من فيتامين د٢. والوحدة الدولية من نشاط فيتامين د تعادل الفعل المضاد لمرض لين العظام antirachitic effect لكمية ٠,٠٢٥ ميكروجرام من الكوليكالسيفيرول cholecalciferol . وبالرغم من قلة المعلومات المتوفرة عن التمثيل الغذائى لفيتامين د فى الأسماك إلا أنه من المتوقع أن يكون التمثيل الغذائى لهذا الفيتامين فى الأسماك مشابه إلى حد كبير لتمثيله غذائياً فى الحيوانات ذات الدم الحار حيث أنه يعتبر المولد ومصدر ١-٢٥-ديهيدروكسى كوليكالسيفيرول 1-25-dihydroxycholecalciferol وهو الهرمون المنظم لحركة الكالسيوم

فى الجسم وكذلك الفوسفور. ويتحول فيتامين د بعد إمتصاصه من الأمعاء إلى ٢٥ ديهدروكسى كولى كالسيفيرول بالكبد ثم إلى ١-٢٥ ديهدروكسى كولى كالسيفيرول بالكلية وهى الصوره الفعاله للهرمون. هذا الهرمون يحافظ على مستوى كل من الكالسيوم والفوسفور بالدم من خلال تنظيم معدلات إمتصاصها من الأمعاء وكذلك إعادة إمتصاصها من الكلية وكذلك تحركها من العظام إلى الدم وبالعكس. ومن المعتقد أن هذا الفيتامين يلعب دوراً فى تخليق البروتينات الناقلة لكل من الكالسيوم والفوسفور من خلال الأمعاء.

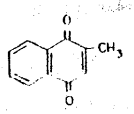
أوضحت نتائج بعض الدراسات أن أسماك القرموط المغذى على علائق بها نقص فى فيتامين د لمدة ١٦ أسبوع أظهر إنخفاضاً فى معدلات الزيادة فى الوزن وكذلك إنخفاض فى محتوى الجسم من الكالسيوم والفوسفور- ومن أعراض نقص فيتامين د فى أسماك السالمون بطئ النمو وكذلك أعراض التيتانوس (إنقباض العضلات) فى العضلات البيضاء وكذلك تغيرات تركيبية فى الياف العضلات البيضاء epaxial white muscle المحيطة بالعمود الفقرى.

ويعتبر زيت السمك من المصادر الجيدة لفيتامين د٣ ولكن جميع المخلفات الحيوانية الأخرى تعتبر فقيرة فى هذا الفيتامين. المواد النباتية تعتبر خالية من فيتامين د٣. ونظراً لندرة هذا الفيتامين فى مواد العلف فإن هذا الفيتامين يجب إضافتة فى الأعلاف الصناعية التجارية لأسماك القرموط.

٤- فيتامين ك Vitamin K

أعطى أسم فيتامين ك للعامل الذائب فى الدهون الضرورى لمنع النزف وكذلك تجلط الدم الطبيعى فى الكتاكيت. تم فصل مجموعة من المركبات التى تظهر نشاط فيتامين ك وتم أيضاً تخليقها صناعياً. هذه المركبات تتضمن

الفيلوكينون (فيتامين ك١) phylloquinone الموجود فى أوراق النباتات الخضراء وكذلك الميناكينون (فيتامين ك٢) menaquinone الذى أمكن فصلة من مسحوق السمك وروث الحيوانات وكذلك الميناديون (فيتامين ك٣) menadione وهو مركب مخلق صناعياً ويظهر فاعلية أكثر من كل من فيتامين ك١ ، ك٢ (شكل ٢-٢٠).



شكل (٢-٢٠): فيتامين ك٣ الميناديون

وفيتامين ك ضرورى لعملية تجلط الدم ومنع النزف فى الحيوانات الزراعية والأسماك. هناك العديد من بروتينات الدم الهامه والتى تدخل فى تكوين الجلطة يعتمد تخليقها على فيتامين ك. هذه البروتينات تتضمن البروثرومبين prothrombin وكذلك البروكونفرتين proconvertin وكذلك ثرومبوبلاستين البلازما plasma thromboplastin كذلك عامل ستيوارت بسور Stewart Prower factor ويلعب فيتامين ك دوراً هاما فى تحويل البروثرمبين إلى ثرومبين وذلك من خلال إضافة مجموعة كربوكسيل carboxylation إلى حمض الجلوتاميك لتكوين حمض الكربوكسى

الجلوتاميك فى البروتينات النشطة الداخلة فى تكوين جلطة الدم. وبعض البروتينات مثل تلك الموجودة فى العظام والكلية وجد أنها تحتوى على بقايا r-carboxyglutamyl acid لهذا يعتقد أن فيتامين ك يكون متضمناً فى نشاط بعض إنزيمات نقل المجاميع الكربونية carboxylases بالإضافة إلى وظيفته فى عملية تجلط الدم.

أوضحت الدراسات أن كل من أسماك القرموط والسالمون تحتاج إلى هذا الفيتامين كإضافة فى علائقها وذلك لإتمام عملية تجلط الدم ومنع النزف. وجد أيضاً أن نقص هذا الفيتامين فى أعلاف الأسماك السابقة لم يؤثر فى كفاءة نموها وحتى الآن لم تقدر إحتياجات أسماك المياه الدافئة من هذا الفيتامين وعموماً فإن وجود ٥ر.-١ مجم من الفيتامين لكل كيلوجرام عليقة يعتبر كافياً لضمان عملية تجلط الدم الطبيعية فى أصبعيات اسماك السالمون. تخليق هذا الفيتامين عن طريق بكتريا الأمعاء فى الحيوانات يعتبر مصدراً هاماً له وحتى الآن لم يتم تقييم دور هذه البكتريا فى تخليق هذا الفيتامين فى أمعاء الأسماك.

يعتبر مسحوق السمك وكذلك البرسيم الحجازى من مصادر فيتامين ك الجيدة. يستخدم كل من لمينادون ثنائى سلفات الصوديوم وكذلك لمينادون ثنائى الميثيل وبريميوينال ثنائى الكبريت كمصادر مخلقة صناعياً لهذا الفيتامين فى الأعلاف التجارية والأخير له ثبات جيد ضد الحرارة أثناء عمليات تصنيع الأعلاف.

ب- الفيتامينات الذائبة فى الماء Water soluble vitamins

(١) الثيامين Thiamin

يوجد الثيامين فى العديد من الحبوب والبذور ويتركز فى القشرة الخارجية لكل منها. وتم إكتشاف أعراض نقصة فى المساجين بالسجون التى تم تغذيتهم

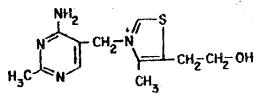
فـــيها على الأرز الذى تم تبييضة حيث ظهرت أعراض النقص فى صورة المرض الشـــهير الـــبرى برى beriberi ثم زالت أعراض النقص بعد إضافة العامل الموجود فى قشور حبوب الأرز إلى الوجبات الغذائية. ويتكون الثيامين من حلقة بيريمـــيدين وحلقـــة ثـــيازول كما هو موضح فى شكل (٢-٢١). ويخلق هذا الفيـــتامين بواســـطة النباتات الراقية وهو حساس نسبياً إلى درجة الحرارة وكذلك الرطوبة عند درجة pH أعلى من ٥ درجات لذلك ينتج هذا الفيتامين إلى المستوى التجارى فى صورة هيدروكلوريد ضماناً لثباته. والصورة الفعالة لهذا الفيتامين هى بيروفوســـفات الثيامين thiamin pyrophosphate . وتتم عمليات الفسفرة فى الكـــبد وبيروفوســـفات الثيامين يلعب دوراً هاماً فى عمليات التمثيل الغذائى كمعـــاون إنزيمـــى لـــتفاعلات نزع ذرات الكربون decarboxylation وعمليات نقل مجاميع الكيتون transketolation .

وهـــذا الفيـــتامين يكون أيضاً متضمناً فى عمليات نزع مجاميع الكربون من حمـــض البيروفـــيك وكذلك حمض الألفاكيتوجلوتاريك فى عمليات التمثيل الهوائية للكـــربوهيدرات . وهذا الفيامين يعتبر معاون إنزيمى فى عمليات نقل مجاميع الكيتون خـــلال حرق وتمثيل الجلوكوز فى دورة السكرات الخماسية. وجد ان نشاط عمليات نقـــل مجامـــيع الكيتون فى كرات الدم الحمراء والكلية تعتبر دليلاً ومؤشراً عن وجود الثيامين فى اسماك السالمون.

ويؤثـــر نقص الفيتامين على الجهاز العصبى المركزى فى كل من الأسماك والطيور والثدييات. ويؤدى نقصة إلى فقد القدرة على الإتزان والشلل فى الحيوانات الســـابقة الذكر. ونقصة فى أعلاف الأسماك يؤدى إلى زيادة الحساسية للمؤثرات وفقـــدان الإتـــزان مع تقلصات عصبية. وأنواع الأسماك التى تظهر علامات نقص الثيامين بسرعة هى:

اسماك القرموط بعد ٦-٨ أسابيع من النقص

المبروك بعد ٦ أسابيع من النقص وثعبان السمك بعد ١٠ أسابيع من النقص



شكل (٢-٢١): الثيامين

و تحـــتوى أنســـجة معظم الأسماك على إنزيم الثيامينـاز thiaminase وهـــو إنـــزيم يســـتطيع تكسير الثيامين فى الأنسجة الغير حية من خلال فصل الثـــيامين إلى مكونين لهما تركيب حلقى – وتسخين الأسماك يؤدى إلى وقف نشاط هذا الإنزيم – وقد وجد أن التغذيه على أسماك أو مخلفات الأسماك دون معالجـــة حـــرارية يؤدى إلى ظهور أعراض نقص الثيامين فى أسماك القرموط. ويحدث تحطم وفقدان للثيامين قبل تناوله إذا ما كان موجوداً مع إنزيم الثيامينـاز لفترة من الزمن. اسماك القرموط المغذاه على علائق تحتوى على مخلفات أسماك غـــير معاملـــة حرارياً بمستوى ٤٠% أظهرت أعراض نقص الثيامين بعد ١٠ أســـابيع وعـــند تغذية هذه الأسماك على عليقة إضافية تحتوى على الثيامين لم تظهرأعراض نقصه عليها.

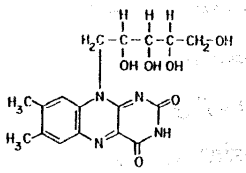
٢- الريبوفلافين Riboflavin

ينتشر هذا الفيتامين بصورة كبيرة فى الطبيعة خاصة فى النباتات الخضراء، وأغلفة الحبوب والخميرة تعتبر مصادر غنية فيه. ومصدر هذا الفيتامين الرئيسى النباتات والكائنات الدقيقة حيث تستطيع هذه الكائنات تخليقه فى أنسجتها. الحيوانات وحيدة المعدة (الغير مجتره) تحتاج إلى إضافة الريبوفلافين إلى علائقها. ويوضح شكل (٢-٢٢) التركيب الكيميائى للريبوفلافين حيث يتكون جزئ الريبوفلافين من الداى ميثايل - أيزوالوكسازين dimethyl-isoalloxazine المرتبط مع الريبوز الذى من خلاله يرتبط الفيتامين مع مجموعة الفوسفات فى جدار الأمعاء ليكون الصورة الفعاله للفيتامين - والريبوفلافين يعتبر مكوناً لأثنين من المعاونات الإنزيمية من نوع الفلافوبروتين flavoprotein coenzymes وهما الفلافين أحادى النيوكليتيد flavin mononucleotide (FMN) والثانى الفلافين ادنين داىنيوكليوتيد flavin adenine dinucleotide (FAD) وهما مكونان للمجاميع الفعالة لإنزيمات الأكسدة والإختزال التى تعمل على نواتج هدم البروتينات والكربوهيدرات والدهون خلال تمثيلها غذائياً. هذا ولقد أمكن التعرف على أعراض نقص الريبوفلافين فى الحيوانات الزراعية ولكنها لم تكن متصلة بدون هذا الفيتامين الحيوى فى عمليات الأيض. فنقصه فى الدواجن يؤدى إلى ظهور أعراض ضعف الأرجل وكذلك الشلل الطرفى. أما فى الأسماك فإن نقص هذا الفيتامين فى الغذاء يؤدى إلى عتامة قرنية العين cataracts وكذلك عدم تحملها لرؤية الضوء photophobia كما هو موضح فى شكل (٢-٢٣).

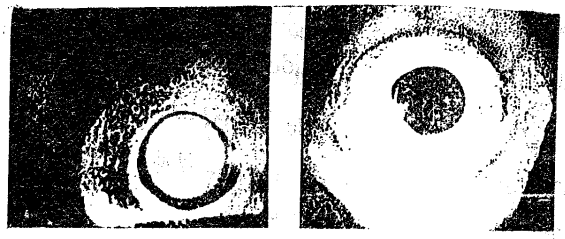
يؤدى نقص الريبوفلافين فى أسماك السلمون إلى تلون الجلد باللون الداكن وكذلك إلى الأجسام القصيرة (التقزم) فى القراميط التى تعانى من نقصاً فى هذا الفيتامين -

نقصـــه فى ثعبان السمك يؤدى إلى الإلتهابات الجلدية وكذلك النزف فى أطراف الزعانف.

فى أسماك المبروك يؤدى نقص الريبوفلافين إلى موت أنسجة الرأس والكلية.



شكل (٢-٢٢) الريبوفلافين



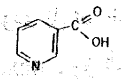
شكل (٢-٢٣): يوضح ماء العين وإظلام العدسة فى الأسماك

ومـــن الإختبارات الأكلينيكية لنقص الريبوفلافين هو قياس نشاط أنزيم ريدكتيز الجلوتاثيون فى كـــرات الدم الحمراء erythroyte glutathione reductase (EGR) فى وجـــود مـــركب الفلافين أدنين داى نيكليوتيد (FAD). هذا وقد وجد أن وجود ٣ مجـــم/كجم من العلف يعتبر كافى لإيقاف اى تغير فى قيم نشاط أنزيم EGR (السابق الإشارة إليه) فى أسماك السالمون. وعموماً فإن معظم مواد العلف تعتبر

مصادر جيدة للريبوفلافين ماعدا الحبوب الكامله. الردة وكذلك مخلفات تبييض الحبوب وكذلك تفل البيره تعتبر مصادر كافية وحيدة لهذا الفيتامين.

٣- النياسين Niacin

يطلـــق علـــى هذا الفيتامين حمض النيكوتنيك أو النيكتوناميد وكلها مرادفات لأســـم هـــذا الفيتامين. والنياسين هو عبارة عن مركب البيريدين ٣- حمض كربوكسيليك pyridine 3-carboxylic acid وكذلك مشتقاته التى تظهر نفس النشاط البيولوجى للنيكوتيناميد (شكل ٢-٢٤).



شكل (٢-٢٤): النياسين

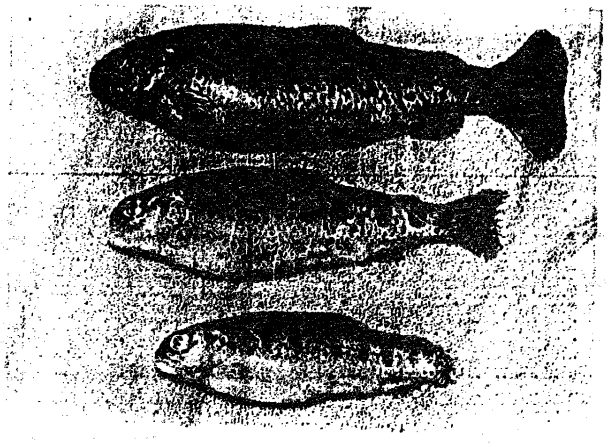
والنيكوتيناميد يكون متضمناً فى العمليات الفسيولوجية بالجسم كمكون لأثنين من المعاونات الإنـــزيمية المختصة بنظم نقل الهيدروجين الأول هو المعاون الإنزيمى النيكوتيناميد أدنين داى نيوكليوتـــيد nicotinamide adenine dinucleotide (NAD) والثانى هو النيكوتينامـــيد داى فوســـفات nicotinamide adenine dinucleotide-phosphate (NADP) هـــذان المعاونـــان الإنزيميان يكونان متضمنان فى عدد من تفـــاعلات الأكســـدة والإختزال الحيوية. يعتبر NAD متخصص فى تفاعلات إنزيمات الهدرجـــة hydrogenase وذلك من خلال نقل الألكترونات إلى الأكسجين فى نظم نقل الألكترونات أثناء عمليات التنفس. أما بالنسبة لل NADP فهو متخصص فى مرافقة

نشـــاط إنزيمات الهدرجة dehydrogenease مثل للتضمنه فى تخليق الأحماض الدهنية وكـــذلك دورة فوســـفات البنتوز pentose phosphate الخاصة بالتمثيل الغذائى للجلوكوز.

يـــؤدى نقص النياسين فى الإنسان إلى ظهور أعراض البلاجرا pellagra والـــذى يتميـــز بمشاكل فى الجلد حيث يظهر فى الأشخاص الذين يعتمدون على الـــذرة أو الأرز المضـــروب فى أغذيتهم. معظم الأسماك تظهر عليها أعراض نقص النياســـين بسرعة فمثلاً تقرحات الجلد من الأعراض الشائعة فى الأسماك عند تناولها أعـــلاف خالية من هذا الفيتامين. أسماك القرموط التى تعانى نقصاً فى هذا الفيتامين تظهـــر علـــيها تقـــرحات الجلد والزعانف مع عدم إنتظام شكل الفكوك jaws وكذلك الأنيميا وجحوظ العينين exophthalmia وزيادة فى معدلات النفوق. نقص الفيتامين فى ثعبان السمك يؤدى إلى تقرحات فى الجلد وتلونة باللون الداكن وكـــذلك عدم إنتظام الحركة ataxia . وفى أسماك السالمون يؤدى نقص النياسين إلى زيادة حساسية الجلد لأشعة الشمس مع وجود تقرحات على الزعانف وكذلك على جدر الأمعاء مع ضعف فى العضلات — تعريض أسماك السالمون للأشعة فوق البنفســـجية يساعد ويسرع من إظهار أعراض نقص النياسين وزيادة الإحتياجات منه (شكل٢-٢٥).

يـــوجد النياسين فى جميع الأنسجة الحية فى صورة أميد. وبالرغم من وجود النياســـين فى الـــبذور النباتـــية بوفرة إلا أنه يكون بصورة مرتبطة وغير متاحة بالنسبة للحـــيوان الذى يتغذى على مثل هذه البذور. معظم الحيوانات الأرضية يمكنها تحويل الحمـــض الأمـــينى التـــريتوفان إلى النياســـين وهذا المصدر يمكنه أن يساعد فى تغطية إحتـــياجاتها الغذائـــية من النياسين ولكن الأسماك ليست لديها هذه المقدرة فى تحويل التـــريتوفان إلى النياسين كما هو الحال فى أسماك السالمون Brook trout . ويمكن

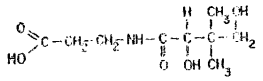
التعـــرف بسرعة على أعراض نقص النياسين فى الأسماك المغذاه على علائق بها نقص فى التـــربتوفان. ونظراً لإنخفاض كميات النياسين المتاحة للإمتصاص فى الحبوب والبذور الزيتية ينصح بإضافتة إلى العلائق المصنعة للأسماك.



شـــكل (٢-٢٥): يوضـــح أعـــراض نقص النياسين فى أسماك السالمون – السمكة لأعلى فى الصورة تعتبر سمكة طبيعية – الصورة الوسطى لسمكة تغذت على عليقها بها نقص فى النياسين لمدة ١٦ أسبوع والصورة السفلى لسمكة تعرضت للأشعة الفوق بنفسجية لمدة ٢٠ ساعة/يوم حيث يلاحظ تآكل الزعانف بشكل أوضح.

٤- حمض البانتوثينك Pantothenic acid

يخلـــق هذا الفيتامين بواسطة النباتات الراقية والبكتريا- من الناحية الكيميائية يتكون هـــذا الفيتامين من حمض البانتيوك pantoic acid الذى يرتبط من خلال رابطة بتيدية مع البيتا الآنين β-alanine كما هو موضح فى شكل (٢-٢٦).

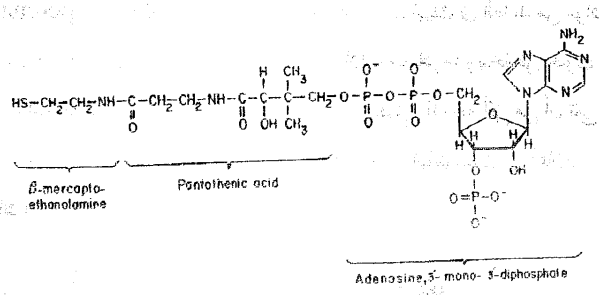


شكل (٢-٢٦) : حمض البانتوثينك

ويـــوجد هذا الفيتامين فى الطبيعة بشكل كبير فى صورة مرتبطة كمعاون أنزيمـــى أ (Coenzyme A) ونظراً لحساسية هذا الفيتامين للتحطم بالحرارة أو درجـــة الحموضة المرتفعة أو المنخفضة فإنه يوجد تجارياً فى صورة أملاح الكالسيوم أو الصوديوم. الوظيفة الحيوية الوحيدة المعروفة لهذا الفيتامين تنحصر فى كونه أحد مكونات المعاون الأنزيمى أ (Co-A) الذى يكون متضمناً فى نقل الأستيل (ذرتين كـــربون) فى العديـــد من التفاعلات المتضمنة فى تمثيل البروتينات والكربوهيدرات والدهـــون بالجســـم. المعاون الإنزيمى أ يحتوى على حمض البانتوثينيك المرتبط من خلال البيروفوسفات مع الأدنين ثلاثى الفوسفات من جهة ومن الجهة الأخرى مع البيتامير كابتوإثيل أمين β -mercaptoethyamine (شكل ٢-٢٧).

والمعاون الإنزيمى (أ) (Co-A) يعتبر عاملاً هاماً وأساسياً لكل من الكربوهيدرات والأحماض الدهنية لكى يكتمل تمثيلها الغذائى فى دورة الأحماض الثلاثـــية (دورة كـــرب) فى عملية التمثيل الهوائى لكل منها. والمعاون الإنزيمى

(أ) لـــه العديـــد مـــن الوظائف خاصة خلال عمليات الهدم والبناء بالجسم وكذلك تفاعلات إنتاج الطاقة بالخلية وكذلك تخليق الأستيرودات steroids والأســـفنجوزين sphingosine والـــبروفيرين prophyrin والعديـــد من المركبات الحيوية الأخرى.



شكل (٢-٢٧): معاون إنزيمي أ (Co-A)

وحمـــض البانتوثينـــيك يعتـــبر من العناصر الغذائية الضرورية للطيور وكذلك الثدييات وحيدة المعدة (الغير مجترة) والأسماك. ونقص هذا الفيتامين فى غذاء الحيوانات سائغة الذكر يؤدى إلى ضعفاً فى النمو . ونقص الفيتامين يؤدى إلى مشـــاكل فى الجلـــد والشـــعر وهـــى من الأعراض الشائعة لنقص حمض البانتوثينيك. ونقص الفيتامين يؤدى إلى إختلال فى وظائف الخلايا المحتوية على ميـــتاكوندريا غنـــية بمركبات الطاقة. وهذا ما يفسر حساسية خلايا الخياشيم gill lamella وكذلك الأنابيب الكلوية kidney tubules .

فى الأســـماك تظهر أعراض نقص حمض البانتوثينيك سريعاً فمثلاً فى أسماك القـــرموط تظهر علامات نقصه بعد أسبوعين وفى الأسماك النامية فى مرحلة ماقبل

النضـــج الجنســـى تظهر علامات فقدان الشهية anorexic بعد أربعة أسابيع. يـــؤدى نقـــص هذا الفيتامين إلى ظهور أعراض نقصة فى الخياشيم (مرض النقص الغذائـــى للخياشيم) dietary gill disease فى بعض أنواع الأسماك الحساسة لـــذلك حـــيث تغطـــى أقواس الخياشيم طبقة لزجة من الإفرازات وتبدو متورمة swollen operculums . ويـــوجد حمـــض البانتوثينيك فى العديد من مواد العلـــف- ويختـــلف محتوى مواد العلف منه بإختلاف مصادرها وينخفض محتوى الأعـــلاف المصنعة من هذا الفيتامين نتيجة عمليات التصنيع لدرجة أقل من أن تفى بإحتـــياجات الأسمـــاك الغذائية منه. ينصح بإضافة حمض البانتوثينيك إلى أعلاف الأسماك المصنعة خاصة الأسماك الصغيرة.

٥- فيتامين ب٦ البيروكسيدين B6-Pyridoxine

تم توصـــيف ثلاثـــة مركبات متشابهة فى تركيبها الكيميائى لها نفس وظيفة فيـــتامين ب٦ وهـــى البيريدوكســـين Pyridoxine والبيريدوكســـامين Pyridoxamine والبيريدوكسال Pyridoxal . والبيريدوكسامين (شكل ٢-٢٨) كـــان أول مـــركب يتم إستخلاصة وأعطى هذا الأسم. فيما بعد أمكن فصل المـــركبين الآخرين وأعطيت للمركبات الثلاثة أسم مجموعة فيتامين ب٦. والأسم ب٦ هـــو الأســـم المعترف به والمتعارف عليه حالياً لهذا الفيتامين. وتحتاج جميع الحيوانات المـــزرعية غـــير المجتره (وحيدة المعدة) وكذلك الطيور والأسماك إليه فى أعلافها. وتقوم النـــباتات بتخليق هذا الفيتامين ومشتقاته وكذلك الكائنات الدقيقة خلق هذا الفيتامين فى أجسامها- وهذا الفيتامين ينتشر فى مواد العلف نباتيه وحيوانية المصدر.

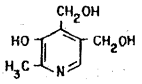
والمعـــاون الإنزيمـــى النشـــط فى عملية التمثيل الغذائى والمحتوى على البيريدوكسين هو البيريدوكسال فوسفات pyridoxal phosphate ويلعب

دوراً فى النظم الإنزيمية الخاصة بتمثيل الأحماض الامينية بما فيها الإنزيمات النازعة لمجاميع الكربوكسيل decarboxylases والإنزيمات الناقلة لمجاميع الأمين transaminase إنزيمات السلفوهيدريز sulfhhydrase . وجد أن زيادة مستوى البروتين فى علائق السالمون يتطلب زيادة فى إحتياجاتها من هذا الفيتامين. ونظراً لإحتياجات الأسماك العالية من البروتين مقارنة بالحيوانات الأرضية فمن المتوقع أن تزداد حاجتها من فيتامين ب٦ بقدر أكبر من إحتياجات الحيوانات الأرضية — ويلعب فيتامين ب٦ دوراً هاماً فى التمثيل الغذائى لكل من الكربوهيدرات والدهون. فيتامين ب٦ ضرورى لتخليق الهيم heme المكون الأساسى للهيموجلوبين وكذلك السيروتونين serotonin من الحمض الأمينى التربتوفان وهو مايفسر ان نقصه (فيتامين ب٦) يؤدى إلى الإضطرابات العصبية.

وتبدأ إعراض نقص فيتامين ب٦ فى الظهور بسرعة ممثلاً فى أسماك القرموط الصغيرة والسالمون والمبروك تظهر أعراض نقصه بعد ٤-٨ اسابيع عند تغذيتها على أعلاف فقيرة فيه. وتتلخص أعراض النقص فى:

- الإضطرابات العصبية nervous disorders مثل الحساسية الشديدة للضوضاء.
- عدم إتزان الحركة عند السباحة وعدم المقدرة على التوازن.
- إنقباضات عصبية شبيهة بإنقباضات التيتانوس عند التداول.
- فى أسماك القرموط نقص فيتامين ب٦ يترتب عليه ظهور بقع حضراء مزرقة على الجلد.
- نقص فيتامين ب٦ فى أسماك المبروك يؤدى إلى تورم فى جسم السمكة وجحوظ العيون exophthalmus ونقرحات بالجلد وتراوح إحتياجات

الأسمـــاك من فيتامين ب٦ مابين ٣-١٠ مجم/كجم عليقة ومعظم الأعلاف الصناعية والتجارية للأسماك تحتوى على هذا المستوى من فيتامين ب٦.

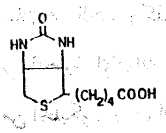


شكل (٢-٢٨): فيتامين ب٦ البيريدوكسين

٦- البيوتين Biotin

البـــيوتين (شكل ٢-٢٩) تم تعريفه بناءاً على علاقته بالإصابة بمرض بياض البـــيض egg white injury فى الفئران وذلك لأن علامات أعراض نقصة المميزه تنـــتج عن إستخدام بياض البيض فى معظم الوجبات الغذائية. وعند التغذية على الكبد تختفـــى أعراض الإصابة بمرض بياض البيض. وقد تم تعريف العامل المانع لمرض بياض البـــيض بالبـــيوتين والعامـــل المسبب له والموجود فى بياض البيض بالأفيدين avidin والأخـــير عبارة عن بروتين ضعيف موجود فى بياض البيض ويتحد مع البيوتين ويوقف فاعلية هذا الفيتامين.

ومـــن وظائـــف البـــيوتين أنـــه معاون إنزيمى فى تفاعلات الأنزيمات النازعة لمجاميع الكربوكســـيل carboxylation reactions والنظم الإنزيمية المحتوية على البيوتين هـــى كربوكسيلاز-معاون إنزيمى (أ) acetyl-coA carboxylase وكذلك الـــبروبيونيل معاون (أ) كربوكسيلاز propionyl-coA carboxylase وكربوكسيلاز البيروفات pyruvate carboxylase.



شكل (٢-٢٩): البيوتين

وتـــتعدد عمليات التمثيل الغذائى التى تتضمن البيوتين فى مساراتها بما فيها عملية تخليق الأحماض الدهنية-ومن أهم الدلائل على مستوى البيوتين فى الجسم وحالته فى كل من الأسماك والحيوانات ذات الدم الحار هو مستوى أنزيم كربوكسيلاز البيروفات أو نشاط أنزيم كربوكسيلاز-معاون إنزيمى أ.

مـــن الصـــعب إظهار علامات نقص البيوتين فى الحيوانات وحيدة المعدة دون تغذيـــتها على بياض البيض النيئ. وقد أمكن تحديد أعراض نقص البيوتين فى الدواجن والأسماك دون اللجوء إلى إستخدام مضادات البيوتين. وتختلف الأسماك فى حساسيتها لنقص البيوتين. فمثلاً أسماك القرموط تحتاج إلى ١٤ أسبوع من الـــتغذية على علائق فقيرة فى البيوتين لكى تبدأ أعراض النقص فى الظهور فى حـــين أن أسمـــاك السالمون الصغيرة تحتاج فقط إلى ٤ أسابيع لكى تظهر عليها أعراض نقص الفيتامين وذلك تحت الظروف البيئية المثلى للنمو. ومن علامات نقص البيوتين فى أسماك القرموط إنخفاض معدلات النمو وشحوب فى لون الجلد وكـــذلك الحساســـية العالية للضوضاء المفاجئة. فى أسماك السالمون يعتبر تدنى وإنخفاض معدلات النمو أحد مظاهر نقص هذا الفيتامين باعلافها كذلك تآكل

فى طـبقة الغشـاء المخاطـى المبطن للخياشيم بالإضافة إلى تضخم فى الكبد وشحوب فى لونة. ومن الأعراض الأكلينيكية لنقص الفيتامين فى أسماك السالمون نقص فى نشاط إنزيمات الكربوكسيلاز فى الكبد وكذلك التخليق الغير طبيعى للجلـيكوجين وكـذلك الأحماض الدهنية بالإضافة إلى تحلل الخلايا العنقودية بالبنكرياس وتخزين كميات كبيرة من الجليكوجين فى القنوات الكلوية.

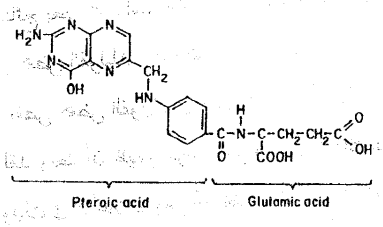
كمـيات البـيوتين المتاحة فى العديد من مواد العلف تعتبر قليلة فعلى سبيل المثال نصف او أقل من البيوتين الكلى الموجود فى القمح والشعير والذره ومسـحوق اللحـم ومسـحوق العظام واللحم تكون متاحة للإمتصاص فى الكتاكـيت-كمية البيوتين المتاحة فى الذرة وكسب فول الصويا تكون أعلى. أسمـاك القرموط لاتحتاج إلى إضافة البيوتين إلى أعلافها إذا كانت مكونه من الذرة الصفراء وكسب فول الصويا أو كسب فول الصويا مع مسحوق السمك وذلك للنمو وكذلك لنشاط إنزيم كربوكسيل بيروفات. أيضاً لاتستفيد أسماك السالمون من إضافة البيوتين إلى أعلافها التجارية. الإحتياجات الغذائية للأسماك مـن البـيوتين قلـيلة وتقدر بحوالى ٢٥ر.مجم/كجم عليقة لذلك فإن أعلاف الأسماك التجارية لاتحتاج إلى إضافة هذا الفيتامين.

٧- حمض الفوليك Folic acid

من الناحية الكيميائيه فالأسم العلمى لحمض الفوليك هو بترويل حمض الجلوتامـيك pteroylglutamic acid كما هو مبين فى شكل (٢-٣٠) فحمـض الفوليك يتكون من حمض الجلوتاميك (يمين الشكل) بالإضافة علـى حمض البتزويك حيث يتكون الأخير من حمض البارامينوحمض البتزويك paraminobenzoic acid ونواة بتريدين pteridine nucleus .

هـــناك مجموعة من المركبات النشطة لهذا الفيتامين فى الطبيعة وكذلك بعض مشتقات حمض الفوليك وتظهر نفس الأثر البيولوجى له. هذه المركبات تتضمن حمض تـــراهيدروفوليك **tetrahydrofolic acid** وهو الصورة النشطة للمعاون الإنزيمى ٥-ميثيل-تراهيدرفوليك **5-methhyl-tetrahydrafolic** وجلوتامات حمض الفوليك **folic acid glutamates**.

وحمض الفوليك كمعاون إنزيمى يلعب دوراً فى عمليات نقل وحدات ذرة الكـــربون المفـــردة وهو دور مشابه لدور حمض الباتوثنيك فى نقل وحدتين من الكربون. ووحدة الكربون الواحدة التى يقوم حمض الفوليك بدوراً فى نقلها ممكن أن تكون مجموعة فورميل **formyl** أو ميثيل **methyl** أو هيدروكسي ميثيل أو وحدات أخرى مشابهة. ومن التفاعلات التى يكون التراهيدروفوليك متضمناً فيها تفاعلات تخليق البيورينات والبريميدينات المكونة للأحماض النووية.



شكل (٢-٣٠): حمض الفوليك

مـــن أعراض نقص حمض الفوليك فى بعض أنواع الحيوانات الحساسة لنقصـــه ظهور أعراض الأنيميا التى تتميز بكبر حجم كرات الدم الحمراء الغير

ناضجة – وقد كان من علامات نقص هذا الفيتامين فى أسماك السالمون إنخفاض معدل إنتاج كرات الدم الحمراء مع تضخم فى حجم هذه الكرات وظهور النواه فى صورة متكمشة بالإضافة إلى ظهور أعداد كبيره من كرات الدم الحمراء الأولية فى صورة متضخمه وغير طبيعية فى النسيج المولد لكرات الدم الحمراء.

فى أسماك ثعبان السمك وكذلك القرموط أدى نقص حمض الفوليك إلى إنخفاض ملحوظ فى معدلات النمو. نقص حمض الفوليك مع فيتامين ب١٢ فى الأسماك يسرع من إظهار أعراض الأنيميا شكل (٢-٣١) وشكل (٢-٣٢).

فى الفئران لايمكن ظهور أعراض نقص حمض الفوليك دون تغذية هذه الحيوانات على مضاد حيوى وذلك لمنع تخليق هذا الفيتامين فى قنواتها الهضمية. أوضحت نتائج بعض الدراسات أن بكتريا الأمعاء فى أسماك المبروك العادى تستطيع تخليق حمض الفوليك وقد يكون ذلك تفسير عدم تمكن الباحثون من إظهار علامات نقص حمض الفوليك فى بعض أنواع الأسماك.

هذا ولقد وجد أن ظهور مرض فقر الدم فى أسماك القرموط يرجع إلى تحلل حمض الفوليك فى الأعلاف ومن أعراض هذا المرض إنخفاض تركيز كرات الدم الحمراء فى الدم والكلية والكبد والخياشيم مع الشكل الغير طبيعى لكرات الدم الحمراء مثلما فى الإنيميا. أمكن عزل بعض البكتريا من الأعلاف التى تتغذى عليها الأسماك وكذلك بعض الفطريات التى لها القدره عليها تحليل حمض الفوليك إلى مركبات ليس لها فاعلية وأهميته الفسيولوجيه مثل الجلوتاميك الأمينى. وتقوم النباتات وكذلك البكتريا بتخليق حمض الفوليك وتعتبر الحبوب وكذلك أكساب البذور الزيتية والمصادر الحيوانية البروتينية من المصادر الجيدة

هـــذا الفيـــتامين. والأعلاف التجارية يمكنها أن تغطى إحتياجات الحيوان من حمـــض الفوليك لما تحتويه مكوناتها من كميات كافية منه. أما بالنسبة لعلائق الأسمـــاك فإن حمض الفوليك يضاف إليها لتغطية إحتياجاتها منه وقد وجد أن ١ – ٥ مجـــم حمـــض فوليك لكل كجم علف تعتبر كافية لتغطية إحتياجات السالمون منه.

شكل (٢–٣١): علامات أعراض نقص حمض الفوليك فى أسماك الكوهو سالمون لاحظ شحوب لون الخياشيم فى الأسماك الموجودة يمين ويسار الصورة مقارنة بالأسماك الطبيعية فى الوسط

شكل (٢-٣٢): كرات الدم الحمراء فى أسماك كوهو سالمون- لاحظ وجود النواه فى صورة فصين والأنوية المحترقة فى كرات الدم الحمراء

٨- فيتامين ب١٢ (السيانوكوبالامين)

Vitamin B12 (Cyanocobalamin)

هـــذا الفيتامين هو آخر فيتامين تم إكتشافه من بين ال١٥ فيتامين التى تم التعـــرف علـــيها وهو أكثرهم تعقيداً من ناحية التركيب الكيميائى. فمنذ سنوات عـــرف أن الكـــبد يحـــتوى علـــى عامل يمكنه إزالة أعراض نقص الأنيميا الخبيثة pernicious anemia. وجـــد أيضاً أن إدخال بعض مصادر البروتين الحيوانى إلى علائق الدواجن يعمل على توفير عنصر هام للنمو تفتقده المواد النباتية وفى عام ١٩٤٨ تم عزل هذا العامل أو العنصر من الكبد حتى أمكن توصيفة والتعرف على تركيبة الكيميائى عام ١٩٥٥. والتركيب الجزيئى لفيتامين ب١٢ (شكل٢-٣٣) يوضـــح أنـــه يحـــتوى على نواه من عنصر الكوبلت فى منتصف حلقة رباعية من البروفرين ووزن فيتامين ب١٢ الجزيئى يبلغ ١٣٥٤.

يوجد فى الطبيعة العديد من المركبات حيث يحل محل مجموعة السيانيد أو النيكليوتيد مجاميع أخرى ويطلق عليها جميعاً أسم الكوبلت أمين .

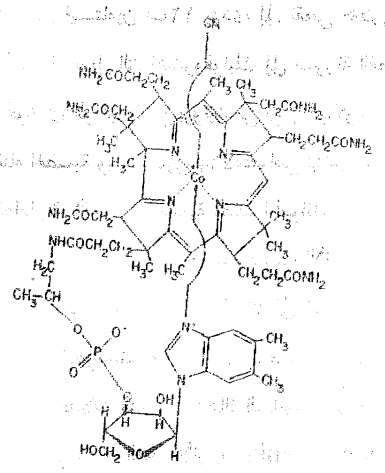
ويلعب فيتامين ب١٢ دور العامل الإنزيمى المساعد لعدد من تفاعلات التمثيل الغذائى. والدور الأساسى لهذا الفيتامين ينحصر فى أنه يعمل مع حمض الفوليك فى تفاعلات نقل وحدات ذرة الكربون المفردة مثل عملية إضافة مجاميع الميثيل إلى اليوراسيل لتكوين الثيامين خلال عملية تخليق الحمض النووى RNA وكذلك نقل مجاميع الميثيل خلال تخليق الحمض الأمينى المثيونين. فيتامين ب١٢ ضرورى لنمو الأسماك والحيوانات الزراعية وكذلك نضج كرات الدم الحمراء والحفاظ على الخلايا العصبية فى حالة جيدة.

ونقص فيتامين ب١٢ يؤدى إلى نقص حمض الفوليك لأن الأول ضرورى لعملية تحويل التتراهيدروفوليك إلى صورتة الفعالة كمعاون أنزيمى. والعامل الجوهرى هو عبارة عن بروتين من نوع الميوكوبروتين mucoprotein يوجد فى القناه الهضمية ويعتبر ضرورى لإمتصاص فيتامين ب١٢ من الأمعاء وقد وجد هذا العامل فى القنوات الهضمية لمعظم الحيوانات.

ونقص فيتامين ب١٢ فى الإنسان يسبب الأنيميا الخبيثة التى من أعراضها تضخم فى حجم كرات الدم بالإضافة إلى ظهور الإضطرابات العصبية. فى الحيوانات الأخرى نقص هذا الفيتامين يسبب صغر فى حجم كرات الدم بالإضافة إلى إنخفاض فى معدلات النمو. فى أسماك السالمون مثلاً يؤدى نقص هذا الفيتامين إلى صغر حجم كرات الدم والأنيميا microcytic anemia بالإضافة إلى تقصص fragment كرات الدم الحمراء مع إنخفاض نسبة الهيموجلوبين فى الدم. لم يؤدى نقص فيتامين ب١٢ إلى ظهور أعراض الأنيميا فى أسماك القرموط والمبروك ولكن أدى نقصه على إنخفاض فى معدلات نمو أسماك القرموط. وهناك

براهين تدل على أن تخليق فيتامين ب١٢ بواسطة بكتريا الأمعاء فى اسماك القرموط يعتبر كافياً لسد إحتياجاته منه.

تشير نتائج الدراسات بأن فيتامين ب١٢ يخلق فقط بواسطة الكائنات الدقيقة وهـــو ضرورى لإتمام عمليات التمثيل الغذائى فى كل الحيوانات. يعتبر إظهار علامات نقص فيتامين ب١٢ فى الحيوانات وحيدة المعدة عن طريق التغذية على علائق فقيرة فيه من الصعوبة بمكان وذلك لأنه يخلق فى أمعائها بكميات معنوية.



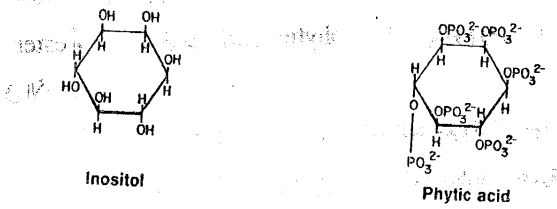
شكل (٢-٣٣): فيتامين ب١٢ (السيانوكوبال أمين)

٩- الأينوسيتول Inositol

ينتشـــر بكثرة فى الأنسجة النباتية والحيوانية. فى الحيوانات يوجد هذا الفيتامين فى صـــورة ميوإينوســـيتول myoinsitol أو كمكـــون للفوسفوليبدات فى صورة ليوســـيتول lipositol فى أغشـــية الخلايا. فى النباتات يتركز الأينوسيتول فى البذور حـــيث تكـــون ثلثى كميته فى صورة أستر الهكسوفوسفات hexophosphate ester أو حمـــض فيتيك phytic acid وهو غير مهضوم وغير قابل للإمتصاص فى الأسماك والحيوانات وحيدة المعدة الأخرى.

والأينوسيتول (شكل ٢-٣٤) ليست له وظيفة معروفة كمعاون إنزيمى مثل بقـــية الفيتامينات الذائبة فى الماء. بالإضافة إلى دورة كأحد مكونات أغشية الخلايا فإنه يلعـــب دوراً كمـــزيل للدهون المخزنه بالكبد lipotropic action . فى أسماك الســـالمون المغـــذاه علـــى أعلاف فقيرة فى الأينوسيتول اظهرت تجمعات كبيرة من الجلســـريدات الثلاثـــية والكوليسترول بالكبد ولكن كميات الفوسفوليبدات بالكبد كانت قليلة. فى بعض أنواع الأسماك مثل السالمون والجمبرى والدنيس والمبروك وثعبان السمك أدى نقص هذا الفيتامين إلى إنخفاض واضح فى معدلات نموها وظهور اعراض الأنيمـــيا وكـــذلك تقـــرحات على الزعانف مع إنخفاض معدل تفريغ الأمعاء للغذاء المأكول.

مـــن الصـــعب ظهور أعراض نقص الأينوسيتول فى بعض أنواع الحيوانات خاصـــة إذا ماكانـــت العلـــيقة متزنة ومكتملة. أشارت نتائج البحوث صعوبة ظهور أعراض نقص الأينوسيتول فى أسماك القرموط المغذاه على علائق فقيرة فى هذا الفيتامين وذلـــك لأن هـــذه الأسمـــاك تقـــوم بتخلـــيقه فى الكبد نتيجة لنشاط الأنزيم المخلق للأينوسيتول inositol synthetase.



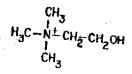
شكل (٢-٣٤): الأينوسيتول والأستر الخاص به والمسمى بحمض الفيتيك

١٠- الكولين Choline

الكـــولين (شـــكل ٢-٣٥) ليس له دور معروف كمعاون إنزيمى فى عمليات التمثـــيل الغذائـــى المختلفة بجسم الحيوان والأسماك ولكنه يلعب أدواراً عديدة فى عمليات التمثـــيل الغذائى بالجسم. الثلاثة مجموعات من الميثيل ($-CH_3$) الموجودة فى تركيبة البنائى جعلـــت منه معطى جيد لمجاميع الميثيل. يتفاعل الكولين مع المعاون الأنزيمى أستيل أ وذلك لـــيكون الأســـتيل كـــولين acetylcholine وهـــو المركب الناقل للنبضات العصبية neurotransmitter ويدخل الكولين أيضاً فى تكوين الليثيثين lecithin.

ويمكـــن أن يخلـــق الكولين فى الجسم بشرط توافر مجاميع الميثيل الحرة أو ســـهلة الإنفصـــال من مركبات أخرى محتوية عليها. الحمض الأمينى المثيونين أو

السستين يمكنها أن تساهم بمجاميع الميثيل الخاصة بها لتكوين الكولين من الإيثانول أمـــين بالرغم من أن عمليات تخليق الكولين بالجسم ليست بالسرعة الكافية لتغطية إحتياجات الجسم من الكولين اللآزم للنمو الطبيعى إلا أن وجود كميات كافية



شكل (٢-٣٥): الكولين

من المثيونين أو السستين كمصادر لمجاميع الميثيل أو حمض الفوليك مع فيتامين ب ١٢ اللآزمان لإستعادة تكوين مجاميع الميثيل يمكن أن تؤثر على الإحتياجات الغذائية من الكولين بمعنى أن ذلك يقلل من الإحتياجات الغذائية منه. أمكن معملياً إظهار أعراض نقص الكولين فى معظم الحيوانات إلا الإنسان.

تحتاج معظم الأسماك إلى الكولين فى أعلافها ومن أعراض نقص الكولين المعروفة ظاهرة تدهن الكبد fatty liver. كما أظهرت أسماك القرموط التى عانت من نقص هذا الفيتامين نزف كلوى ومعوى hemorrhagic kidneys and intestine وفى ثعبان السمك أدى نقصه إلى تلون الأمعاء باللون الرمادى الأبيض. يوجد الكولين فى بذور النباتات وبناءاً

على هذه الحقيقة بالإضافة إلى قدرة الحيوانات على تخليقه فى أجسامها لذلك فإن إضافته إلى علائق الأسماك تعتبر محدوده.

عـــند إســـتخدام أعلاف الأسماك المحتوية على أكساب البذور الزيتية المستخلصـــة كمكـــون أساسى للعليقة يجب إضافة الكولين إلى هذه الأعلاف حيث أن جزء كبير منه يستخلص مع الزيت أثناء عملية إنتاج الزيت. إستخدام الأعـــلاف المحـــتوية على كميات كبيرة من الحمض الأمينى المثيونين يقلل من الإحتياج إلى إضافتة إلى العليقة.

١١- فيتامين ج (حمض الأسكوربيك) Vitamin C (ascorbic acid)

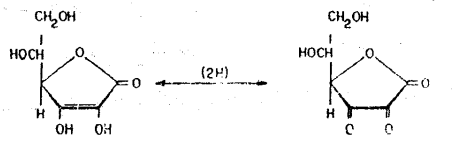
تعتـــبر الأسماك والقشريات حساسة جداً لنقص فيتامين ج خاصة فى الأعمار الصغيرة. ومن أعراض نقص فيتامين ج فى الأسماك خاصة عند تغذيتها علـــى علائـــق فقيرة فى هذا الفيتامين تشوه العمود الفقرى وتشوه الدعامات الغضـــروفية للخياشيم وظهور مناطق بها نزف دموى على الجلد مع إختلال فى تلوين الجلد بالإضافة إلى إطالة مدة التئام الجروح.

معظـــم الحيوانات يمكنها تخليق هذا الفيتامين بكميات تكفى لسد إحتياجاتها منه ولكن بعضها مثل خنزير غينيا وبعض أنواع الطيور ومعظم الأسماك لايمكنها تخليق هـــذا الفيتامين لعدم وجود إنزيم L-gulonolactone oxidase اللازم لتخليق هـــذا الفيـــتامين من سكر اللاكتوز. ويوجد فيتامين ج فى صورتين الصورة المختزلة (حمـــض الأســـكوربيك) والصـــورة المتأكســـدة (ديهيدرو حمض الأسكوربيك) (شكل ٢-٣٦).

الصورة المختزلة تسود على الصورة المتأكسدة ولكن يمكن أن تتحول كل منها إلى الصـــورة الأخـــرى. وتظهر كلتا الصورتين نشاط فيتامين ج الفسيولوجى

بالجسم. عند أكسدة فيتامين ج فى صورته الديهيدرو إلى حمض ديكيتوجلوكونيك فإنه يفقد فاعليته وهذا التحول يكون غير عكسى.

ويعتبر فيتامين ج عامل مختزل قوى فى عملية التمثيل الغذائى، ودوره فى عملية هدرجة hydroxylation كل من الحمض الأمينى البرولين والليسين إلى صورتها هيدروكسى-حمض أمينى لتحويل مولد الكولاجين procollagen إلى كولاجين معروف من القدم.

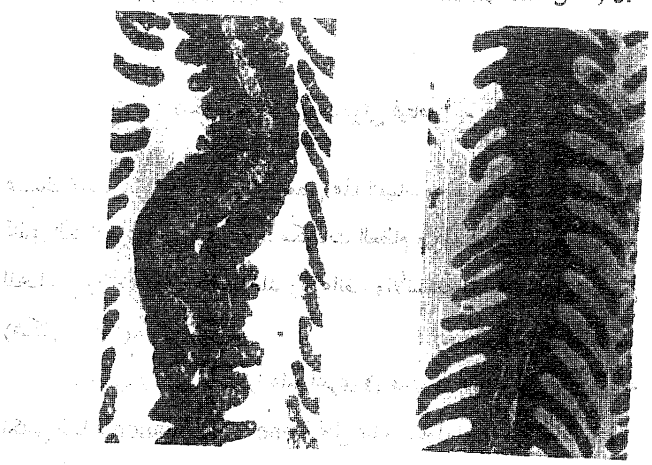


شكل (٢-٣٦): صورتى فيتامين ج

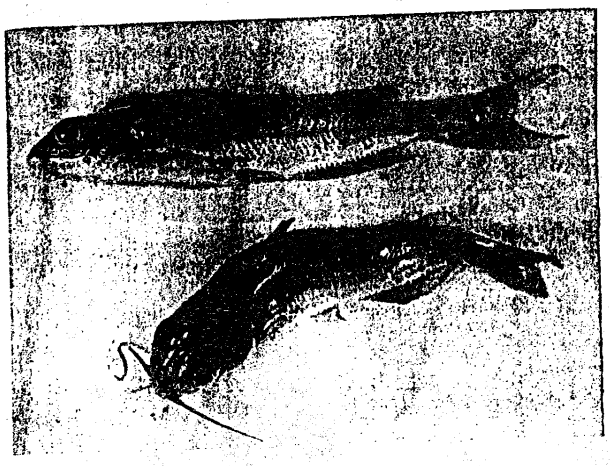
هناك العديد من صور أعراض نقص هذا الفيتامين أرتبطت بفشل الجسم فى تخليق الكولاجين الذى يعتبر أحد مكونات العظام وكذلك الغضاريف المدعمة للخياشيم والأوعية الدموية والجلد والزعانف والأنسجة الخاصة بإلتئام الجروح (شكل ٢-٣٧).

و يلعب فيتامين ج أدواراً هامه أخرى فى عملية التمثيل الغذائى فمثلاً عملية تكلس العظام bone calcification تختل عندما يتناول الحيوان عليقة فقيرة فيه. كما أن فيتامين ج هام فى التمثيل الغذائى للحديد خاصة تحويل الترانسفرين من

الصورة المؤكسدة إلى الصورة المختزله وذلك لنقله خلال عمليات التمثيل الغذائى. فيتامين ج يحتاج الجسم إليه لتحويل حمض الفوليك إلى حمض الفولينيك. يحتاج الجسم إلى هذا الفيتامين فى عملية التمثيل الغذائى للحمض الأمينى تيروزين حيث أن نقص فيتامين ج يسبب إفراز التيروزين فى البول. ونقص فيتامين ج يسبب زيادة مدة تجلط الدم. فيتامين ج له فعل توفيرى مع فيتامين هـ فى الحفاظ على دهون أغشية الخلايا كما يلعب دوراً هاماً فى زيادة الإستجابة المناعية ويلعب دوراً فى إزالة التسمم لبعض xenobiotics أى السموم الغريبة. ومن العلامات المميزه لنقص فيتامين ج إنحناءات العمود الفقرى وهى من أولى العلامات لنقصه فى الأسماك العظمية. وتقوس العمود الفقرى كعرض من أعراض نقص فيتامين ج أمكن إظهاره فى أسماك السالمون والبلطى والقرموط وذلك بإستخدام الأعلاف التى لاتحتوى على هذا الفيتامين (شكل ٢-٣٨).



شكل (٢-٣٧): يبين دور فيتامين ج فى تكوين العظام - سمكة لاتعانى من نقص فيتامين ج (يمين) وأسفل عظام سمكة تعانى من نقص فيتامين ج (شمال)



شكل (٢-٣٨): تقوس العمود الفقرى فى الصورة السفلى لأسماك القرموط التى تعانى من نقص فى فيتامين ج لمدة ٨ أسابيع

تم توصيف فيتامين ج من الناحية الباثولوجية فى أسماك القرموط وتلخصت فى تشوهات فى العمود الفقرى. نزف داخلى وخارجى- قروح على الزعانف — عدم إنتظام توزيع اللون ووجود حزم من الألوان المختلفه حول منتصف الجسم. التهاب غضاريف الخياشيم مع تأخر زمن إلتآم الجروح. وتحدث تشوهات غطاء الخياشيم فى أسماك السالمون المغذاه على علائق خالية أو فقيرة من فيتامين ج (شكل٢-٣٩).

أوضـــحت الدراسات أن الجمبرى يموت عند تغذيته على أغذية خالية مـــن فيـــتامين ج (المـــوت الأسود) الذى يتميز بوجود تقرحات تنتشر خلال الأغشية الكولاجينية (المحتوية على الكولاجين).

شكل (٢-٣٩): نقص فيتامين ج الذى يسبب تشوهات فى غطاء الخياشم فى أسماك السالمون

تخـــتلف الإحتـــياجات مـــن فيتامين ج بإختلاف الوظائف التمثيلية للحـــيوان. وجـــد أن ٢٠ ملليجرام/كجم من فيتامين ج بالعليقة كانت كافية للـــنمو الطبيعى فى أسماك السالمون وكانت الجرعة البالغة ٤٠ ملليجرام/كجم لازمـــة لمنع ظهور أعراض نقص هذا الفيتامين – أمكن التوصل لنفس النتائج الســـابقة فى أسماك السالمون. وجد أن الجرعة البالغة ٥٠ ملليجرام/كجم عليقة

كانت كافية للنمو وتطور العظام فى أسماك السالمون، ولكن الجرعة تحت المميته من المبيدات فى الماء تؤدى إلى زيادة الإحتياجات الغذائية من فيتامين ج فى معظم أنواع الأسماك. وعموماً زيادة فيتامين ج فى علائق الأسماك تؤدى إلى تراجع فى ظهور أعراض تشوهات العمود الفقرى. ويعتبر تركيز مبيد التوكسافين فى أجسام الأسماك دلالة على أن فيتامين ج يلعب دوراً فى إزالة سمية هذا المبيد وتنخفض الإحتياجات الغذائية من فيتامين ج بزيادة العمر. أوضحت نتائج بعض الدراسات أن أسماك السالمون الصغيرة المغذاه على عليقة خالية من فيتامين ج قد نمت ببطئ وظهرت عليها أعراض مرض الأسقربوط فى حين أن أسماك السالمون الكبيرة (١٩ شهر) لم تظهر عليها الأعراض السابقة عندما تغذت على علائق خالية من فيتامين ج. أوضحت نتائج بعض البحوث أن الجرعة البالغة ٦٠ ملجم/كجم عليقة تحتاج إليها أسماك القرموط الصغيرة (١٠ جم) للنمو الطبيعى وتطور الهيكل العظمى وكانت الجرعة البالغة ٣٠ ملجم/كجم علف كافية لسد إحتياجات أسماك القرموط الأكبر حجماً (٥٠ جم).

أسماك السالمون تستطيع إستخدام ٢-سلفات الأسكوربيك كبديل غذائى لحمض الأسكوربيك كذلك أسماك القرموط يمكنها إستخدام ٢-سلفات الأسكوربيك بديلاً لفيتامين ج ولكن ليس بنفس كفاءة إسماك السالمون. يعتقد البعض أن مادة ٢-سلفات أسكوربات تعتبر مادة وسيطة فى عملية التمثيل الغذائى لفيتامين ج فى الأسماك وهى تلعب دوراً فى تنظيم مخزون حمض الأسكوربيك فى الأنسجة المختلفة. وتنظم عملية تحويل حمض الأسكوربيك إلى أسكوربات ٢-سلفات بواسطة إنزيم سلفاتيز حمض الأسكوربيك والذى ينظم إفرازة مستوى حمض الأسكوربيك فى الأنسجة. وجد أن كميات أسكوربات

٢-سلفات فى أسماك القرموط صغيرة جداً وهى (أى التركيزات) لاتتوقف على مستوى فيتامين ج فى العليقة أو أنسجة جسم الأسماك.

الأسماك التى تتغذى على أغذية فقيرة فى فيتامين ج تظهر إنخفاضاً فى مناعتها ضد الأمراض البكتيرية ووجد أن زيادة جرعات فيتامين ج فى أعلاف القرموط أدت إلى رفع مناعتها ضد البكتريا المرضية. فى تجربة تمت فيها تغذية مجموعات من أسماك القرموط على أعلاف تحتوى على صفر-٣٠٠٠ ملجم فيتامين ج/كجم علف لمدة ١٣ أسبوع حيث تمت عدوى الأسماك فى نهاية المدة بواسطة البكتريا المرضية Edwardsiella ictaluri وجد أن الأسماك التى غذيت على علائق خالية من فيتامين ج ماتت كلها حيث وصلت نسبة الوفيات إلى ١٠٠% فى حين أن الأسماك التى غذيت على العليقة المحتوية على المستوى الأعلى من فيتامين ج لم تظهر بها اى وفيات (جدول ٢-٦).

جدول (٢-٦): نسبة الوفيات فى أسماك القرموط المغذاه على مستويات متدرجة من فيتامين ج والمعداه بميكروب **Edwardsiella ictaluri**

مستويات فيتامين ج ملجم/كجم علف	% للوفيات خلال ٨ أيام بعد العدوى
صفر	١٠٠
٣٠	٧٠
٦٠	٧٠
١٥٠	٣٥
٣٠٠	١٥
٣٠٠٠	صفر

أظهرت نتائج البحوث أن ٣٠ ملجم/كجم علف من فيتامين ج كانت كافية لمنع أعراض مرض الأسقربوط فى الأسماك وأن مستوى ١٥٠ ملجم/كجم علـــف يقلل معنوياً من الوفيات. وجد أن الإستجابة المناعية وإنتاج الأجسام المناعية وكذلك النشاط العام إنخفضت نتيجة إزالة فيتامين ج من العليقة وأن هذه الأنشطة السابقة أرتفعت معنوياً عند رفع مستوى فيتامين ج فى العليقة من ٣٠٠ -٣٠٠٠ ملجم/كجم علف. محتوى الأنسجة من فيتامين ج الأقصى يحدث عند تركيـــزات فيتامين ج بالعلف التى تقع بين ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ ملجم/جم علف وبالـــتالى فإن أقصى مقاومة للعدوى البكتيرية تتم فى حدود الجرعات السابقة. أوضحت نتائج الدراسات أن أسماك السالمون أظهرت زيادة فى مقاومتها للعدوى بميكـــروب Vibrio anguilarum وكذلك زيادة فى إنتاج الأجسام المناعية عندما أرتفع مستوى فيتامين ج إلى ١٠٠٠ ملجم/كجم عليقة وهو ما يوازى عشـــرة أضعاف الإحتياجات الطبيعية من الفيتامين. وحتى الآن لم يعرف سبب إرتفاع المناعة بزيادة جرعات فيتامين ج.

مصادر الخامات العلفية تعتبر خالية تماماً من فيتامين ج لذلك لابد من إضافة هذا الفيتامين إلى الأعلاف المصنعة للأسماك — فيتامين ج فى صورة ل-حمـــض الأســـكوربيك حساس جداً للتحطم بالأكسدة خلال عمليات تحضير الأعـــلاف وتخزينها بعد ذلك حيث وجد أن ٢٥% من حمض ل-أسكوربيك تفقد خلال عملية إنتاج محببات الأعلاف بإستخدام البخار أما فى خلال عملية إنتاج الأعلاف بالبثق Extrusion يفقد ٥٠% من هذا الفيتامين لذلك لابد من تدعيم كميات فيتامين ج المضافة بكميات كافية لتلافى الفقد فيه أثناء التصنيع والتخزين إذا لم تضاف منه كميات إضافية بعد إنتهاء عمليات التصنيع. وفترة نصف الصلاحية لفيتامين ج عند تخزينه فى الجو الحار بعد تصنيع الأعلاف حوالى

٥ر٢ شهر. وأملاح حمض الأسكوربيك فى صورة فوسفات أو سلفات أكثر ثباتاً من حمض الأسكوربيك ضد التأكسد خلال عمليات تصنيع الأعلاف وكذلك أثناء التخزين. أملاح فيتامين ج لها نفس نشاطه فى الأسماك ويمكن إحلالها محل صور الفيتامين الأقل ثباتاً.

مصادر الفيتامينات:

مـــن الفيتامينات التى تعتبر ناقصة فى أعلاف الأسماك المحتوية على أكساب البذور الزيتية وكذلك مخلفات مذابح الحيوانات والدواجن والحبوب هى فيتامين ج ، ا ، د ، النياسين ، حمض البانتوثينيك ، الريبوفلافين وفيتامين ى ، ك. كل مـــن الأينوسيتول والبيوتين وحمض الفوليك والبيريدوكسين والثيامين توجد فى مواد العلف نباتية المصدر أما فيتامين ب المركب فهو يوجد فى خامات الأعلاف حيوانية المصدر أما فيتامين ى والكولين فيتم إستخلاصها مع الزيت أو الأجنة الخاصة بالبذور الزيتية لذلك فمعظم خلطات الأعلاف التجارية تكون فقيرة فيها.

مـــن الممكن تكوين خلطات أعلاف سمكية من خامات تجارية تكفى لسد إحتياجات الأسماك من جميع الفيتامينات ماعدا فيتامين ج. مخلفات تصنيع البيره (تفـــل الـــبيره) وكذلك الحبوب الجافة وكذلك نواتج تصنيع الحبوب العرضية المحتوية على قشور الحبوب تعتبرمصادر جيدة لمجموعة الفيتامينات الذائبة فى الماء ماعـــدا فيـــتامين ج ، البرســـيم الحجازى يعتبر مصدر جيد لفيتامين ى ، ك ومســـحوق السمك المجفف مصدر جيد لفيتامين ب١٢ أما زيت السمك فهو يعتبر مصدراً جيداً لكل من فيتامن أ ، د.

تخليق الفيتامينات فى الأمعاء: Intestinal synthesis of vitamins

لم يـــتم بحث ودراسة تخليق الفيتامينات من خلال البكتيريا المعوية فى الأسماك بطريقة وافية حتى الآن وبالرغم من ذلك فإنه من المعروف أن كميات معـــنوية من كل من فيتامين ب١٢ ، حمض الفوليك ، الأينوسيتول والبيوتين وفيتامين ك تخلق بواسطة بكتريا الأمعاء فى الحيوانات ذات الدم الحار. أجريت دراسات تم فيها قياس ودراسة العلاقة بين الفيتامينات ونسبتها إلى المادة الجافة الغـــير مهضومة فى كل من العليقة وكذلك الروث الناتج (المزال من المستقيم) أظهـــرت هذه الدراسات زيادة كل من فيتامين ب١٢ والأينوسيتول فى القناه الهضـــمية لكـــل مـــن أسماك القرموط والبلطى النيلى عن كمياتها المقدرة فى الأعلاف المستخدمة، فى حين أن كميات البيوتين لم ترتفع فى الأمعاء. وجد أن إضافة المضادات الحيوية إلى أعلاف هذه الأسماك أدت إلى إنخفاض محتوى المادة الجافة الغير مهضومة. وجد أن الزيادة فى محتوى أمعاء اسماك البلطى من فيتامين ب١٢ كانت خمسة أضعاف الزيادة منه فى محتوى أمعاء أسماك القرموط. أمكن إثـــبات إمتصـــاص كميات معنوية من فيتامين ب١٢ المخلق فى أمعاء أسماك القـــرموط بإستخدام الكربون المشع (ك^{٦٠}) فى العلائق مع قياس كمية الفيتامين المحتوى على الكربون المشع فى كل من الدم والكبد والكلية والطحال.

سادساً :الدهون الضرورية Essential lipids

بالإضـــافة إلى دور الدهـــون المعروف كمصدر غنى بالطاقة فى تغذية الأسماك إلا أن لها أدواراً فسيولوجية وغذائية أخرى فى جسم السمكة حيث أنها تعتبر وسط هام لإمتصاص الفيتامينات الذائبة فى الدهون وكذلك الأستيرولات — تلعب الدهون دوراً هاما فى تركيب أغشية الخلايا. الدهون تدخل أيضاً فى

تكـــوين الهـــرمونات وتعتـــبر مـــن المـــواد الأساســـية فى تخليق هرمونات البروســـتاجلاندين prostaglandins لـــبعض مـــركبات الدهـــون مـــثل الأستيرولات وبعض الأحماض الدهنية لابد من أن تكون متضمنة أو مضافة إلى علائق الأسماك فهى تعتبر من مركبات الغذاء الأساسية فى أعلاف الأسماك.

أ- الأحماض الدهنية الضرورية: Essential fatty acids

الحـــيوانات ذات الدم الحار لها إحتياجات غذائية من الأحماض الدهنية الغير مشبعة (المحتوية على روابط زوجية فى الموقع السادس إى على ذرة الكربون السادســـة مـــن ذرة الكـــربون الخارجية المكونة مع أخرى لهيكل الحمض الدهنى البنائى). العديد من الأحماض الدهنية المحتوية على روابط زوجية على ذرة الكربون السادســـة (18:2 n-6 , 20:2 n-6 or 20:4 n-6) يمكـــنها أن تغطـــى إحتـــياجات هذه الحيوانات من الأحماض الدهنية الغير مشبعة وبالرغم من ذلك فهى تحتاج إيضاً إلى n-3 من الأحماض الدهنية فى أغذيتها. ويمكن توضيح ذلك بالنســـبة لإختلاف الإحتياجات الغذائية من الأحماض الدهنية فى أن الأحماض الدهنية من النوع أوميجا ٣ لها درجة عالية من عدم التشبع لذلك فهى ضرورية فى تكـــوين الفوسفوليبدات بغشاء الخلايا التى تعمل على الحفاظ على مطاطية ونفاذيـــة هـــذه الأغشـــية فى الأسماك خاصة التى تعيش فى المياه الباردة لذلك فإحتـــياجات الأسماك من هذا النوع من الأحماض الدهنية تكون عالية مقارنة بالأحمـــاض الدهنـــية الأخـــرى. ومن المعتقد أن أسماك المياه الدافئة تحتاج إلى الأحمـــاض الدهنـــية من النوع n-6 أو خليط من n-3 مع n-6 من الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع فى حين أن الأسماك البحرية التى تقضى معظم حياتها فى درجـــات حـــرارة منخفضة فهى تحتاج إلى أحماض دهنية من النوع n-3

ولذلك فإن إحتياجات الأسماك من الأحماض الدهنية تتوقف على درجة حرارة الماء.

أظهرت نتائج العديد من البحوث أن دهن الجسم فى الأسماك وكذلك دهـــون أغشية الخلايا تتأثر بدرجات حرارة الماء. وجد أيضاً أن درجة ملوحة المـــاء تؤثـــر على إحتياجات الأسماك من الأحماض الدهنية . إحتياجات أسماك الســـالمون وهـــى من الأسماك التى لها القدرة على تكوين الأحماض الدهنية من الـــنوع n-3 من خلال إطالة هيكلها الكربونى أو إضافة روابط زوجية لزيادة عدم التشبع، يمكن تغطية هذه الإحتياجات من خلال وجود الأحماض الدهنية n-3 18:3 أو الأحمـــاض الدهنية ذات السلاسل الأطول فى حين أن الأسماك البحرية لايمكنها إطالة الهيكل الكربونى للأحماض الدهنية ولهذا فهى تحتاج إلى الأحماض الدهنية من النوع n-3 20:5 او n-3 22:6 المضافة أو الموجودة فى الغذاء لكى تغطى إحتياجاتها منها.

ويـــبدو أن بعـــض أنواع أسماك المياه الدافئة مثل أسماك القرموط غير حساســـة لنقص الأحماض الدهنية فى غذائها مثل أسماك السالمون وأنواع أسماك المـــياه الباردة الأخرى فمثلاً وجد أن أسماك القرموط ليس لها إحتياجات محددة مـــن الأحمـــاض الدهنـــية وأن تركيز وإحتواء العلائق على كميات كبيرة من الأحمـــاض الدهنية أوميجا n-6 18:2 أدى إلى إنخفاض فى معدلات نموها. من ناحـــية أخرى وجد أن زيت السمك من نوع مانهادن الغنى فى ال n-3 عالية عـــدم التشبع (PUFA) أدى إلى زيادة معدلات النمو فى القرموط المغذى علـــى دهون الأبقار الخالى تقريبا من الأحماض الدهنية n-3 أما أسماك البلطى الزيللـــى فإنها تحتاج إلى الأحماض الدهنية n-6 وليس الأحماض الدهنية n-3.

وبعـــض أنواع الجمبرى تحتاج إلى كلا النوعين n-3 ، n-6 فى غذائها وذلك للنمو الطبيعى.

وتقديـــر الإحتياجات الغذائية من الأحماض الدهنية للأسماك يعتبر من الأمـــور الصـــعبة وذلـــك لأن الإحتياجات التمثيلية منها قليلة جداً بحيث أن المخـــزون منها بالجسم أو حتى الممتص منها من خلال كيس الصفار يمكن أن يؤثر على نمو الأسماك لذلك فالأسماك المستخدمة فى تجارب تقدير الإحتياجات الغذائية من الأحماض الدهنية لابد وأن تتعرض بدقة إلى نقصاً شديداً للأحماض الدهنـــية المـــراد تقدير الإحتياجات الغذائية لها قبل التجربة بزمن كافى. ومن أعراض نقص الأحماض الدهنية فى أسماك السالمون:

- إنخفاض فى معدلات النمو
- إنخفاض فى محتوى العضلات المائى
- زيادة الحساسية للعدوى البكتيرية
- تحلل دهون الكبد
- زيادة تركيز الهيموجلوبين فى خلايا كرات الدم الحمراء
- عدم الإستجابة للمؤثرات وعدم الإتزان

وعموماً تستجيب معظم أنواع الأسماك للدهون المأكولة فى غذائها ولكن ليس من المعروف مدى الإستجابة الناتجة عن إضافة الدهون إلى الغذاء أو الناتجة عن وجـــود مصادر الطاقة المتاحة فى الوسط الذى تعيش فيه. الإحتياجات الغذائية مـــن الأحمـــاض الدهنية من النوع n-3 فى الأسماك التى تظهر إحتياجات لهذا النوع تتراوح بين ٥ر٠ — ١% إذا ماكانت هذه

الأنـــواع تحتاج إلى أحماض دهنية أطول من ١٨ ذرة كربون (20:5 22:6) أو حتى ٥ر٢% إذا ماكانت الأحماض الدهنية من النوع n-3 تحتوى على ١٨ ذرة كربون.

وجـــد ان محـــتوى الدهن المترسب فى الأسماك من الأحماض الدهنية يـــتوقف أساساً لكل من العليقة المأكولة فى حين أن دهون أغشية الخلايا تعتبر إنعكاساً على البيئة وكذلك نوع الأسماك فالإثنين يحددان طبيعة ونوعية دهون أغشية الخلايا. النباتات الأرضية تخلق الأحماض الدهنية التى تحتوى على ١٨ ذرة كـــربون أو أقـــل فى طول السلسلة الكربونية مع وجود رابطة زوجية (عدم التشـــبع) علـــى الموقع التاسع ولذلك فالأسماك التى تتغذى على الحبوب تخزن أساســـاً دهـــوناً فى أجسامها من هذه الأحماض الدهنية الموجودة فى الحبوب. بالـــرغم مـــن ذلك فإن بعض الزيوت النباتية مثل زيت الكتان أو زيت فول الصـــويا تحتوى على كميات معنوية من النوع n-3 . عموماً مصادر الأحماض الدهنـــية ذات السلاسل الكربونية الطويلة (C20:5 ، C22:6) هى طحالب المـــياه العذبـــة والمياه البحرية ويمكن للأسماك أن تتحصل على هذه الأحماض الدهنية من خلال السلسلة الغذائية. والأسماك التى تتحصل على هذه الأحماض الدهنية عالية عدم التشبع من خلال طحالب المياه العذبة أو المالحة تعتبر المصدر الأول لهذه الأحماض الدهنية عالية عدم التشبع فى أغذية الإنسان.

الأستيرولات والفوسفوليبيدات: Sterols and phospholipids

تستطيع الأسماك العظمية تكوين الأستيرولات (الكوليستيرول والهرمونات) من الخلات ومن الميفالونيك **mevalonic** ولكن القشريات مثل الجمبرى والكابوريا والأستاكوزا فقدرتها على تخليق الأستيرولات محدودة ولذلك لابد من تغطية إحتياجاتها من هذه الأستيرولات من الغذاء. ونقص الإستيرولات فى أغذية القشريات يؤدى إلى زيادة الوفيات زيادة كبيرة خلال وقت قصير.

وتقدر الإحتياجات الغذائية من الأستيرولات فى صورة كوليستيرول فى الجمبرى والأستاكوزا بحوالى ٥ر٠٪. والقشريات البحرية تحتاج إلى الليثيثين وهو من الفوسفوليبيدات للوصول إلى أقصى معدلات لنموها لذلك فلابد من إضافة هذه المركبات على أعلافها الصناعية وعند تربيتها تربية مكثفة حيث وجد أن الجمبرى **penaeid shrimp** تحسن نموه عندما إحتوت أعلافه على ١٪ من الليثيثين- كذلك أدت إضافة ٧٪ من ليثيثين فول الصويا إلى غذاء الأستاكوزا إلى تحسناً ملحوظاً فى النمو وكذلك معدلات الإعاشة.

سادساً : العناصر المعدنية Minerals

د/ مجدى عبدالحميد سلطان د / عبدالوهاب عبدالمعز عبدالوارث

يطلـــق على العناصر المعدنية عناصر الرماد وهى عبارة عن ذلك الجزء المتبقـــى بعد حرق المادة العضوية ولقد وقد وجد أن جسم الأسماك بعد حرق المـــادة العضـــوية أنه يحتوى على عدد كبير من العناصر المعدنية والتى لم يثبت حاجة الأسماك إليها جميعاً وتحتاج الأسماك إلى أكثر من ٢٠ عنصر من العناصر المعدنـــية وقد أتفق على تسمية العناصر المعدنية التى تحتاجها الأسماك بكميات كبيرة بالعناصر المعدنية الكبرى والعناصر المعدنية التى تحتاجها الأسماك بكميات صغيرة بالعناصر المعدنية الصغرى .

تتشابه الأسماك مع الحيوانات فى أنها تحتاج إلى العناصر المعدنية كمواد ضـــرورية وأساســـية فى عملـــيات التمثيل الغذائى والنمو. وتحصل الحيوانات الـــزراعية على العناصر المعدنية من الغذاء أما الأسماك فإنها تحصل على جزء من العناصر الغذائية من الغذاء وجزء آخر يتم امتصاصه مباشرة من البيئة المائية التى تعيش فيها الأسماك وذلك عن طريق الخياشيم أو عن طريق سطح الجسم. وتعتبر عملـــية إمتصاص العناصر المعدنية من الماء عملية هامة وحيوية لتنظيم الضغط الأسمـــوزى لأسماك المياه العذبة كما أن لها أهمية غذائية فى توفير بعض العناصر الغذائـــية للأسمـــاك الـــتى تدخل فى تكوين هيكلها العظمى وبعض الأنسجة الأخـــرى. ويختـــلف معدل إمتصاص العناصر المعدنية من الماء بإختلاف نوع الأسماك وإختلاف الظروف البيئية مثل درجة الحرارة ودرجة الأس الأيدروجينى pH وكـــذلك تركيـــز العناصر المعدنية فى الماء ولذلك فإن معرفة إحتياجات

الأسماك من العناصر المعدنية المختلفة ومن ثم توفيرها فى العليقة تعتبر من الأمور الهامه عند تكوين علائق الأسماك.

وكمـــية العناصر المعدنية التى تحصل عليها الأسماك من البيئة المائية التى تعـــيش فيها تعتبر غير كافية لسد إحتياجات الأسماك من هذه العناصر المعدنية ولذلك يجب إضافة هذه العناصر المعدنية إلى علائق الأسماك و قد يساهم الغذاء الطبيعى فى الحصول على باقى إحتياجاتها من العناصر المعدنية. ويجب ملاحظة أن بعـــض العناصـــر المعدنية تفقد أثناء عمليات إعداد وتكوين علائق الأسماك، فعلى ســـبيل المثال فإن معظم العناصر المعدنية الذائبة فى الماء والموجودة فى مسحوق السمك تفقـــد أثـــناء عمليات إعداد وتجهيز العلائق ولاتبقى إلا العناصر المعدنية الغير ذائبة فى الماء.

وعـــادة ماتحتوى علائق الأسماك على كميات كافية من بعض العناصر المعدنـــية وتكـــون فقـــيرة أو لا تحتوى على البعض الآخر فالخميرة من نوع petroleum yeast غنية بالفوسفور ولكنها فقيرة فى الكالسيوم ولذلك يجب إمـــدادها بهـــذا العنصر عند إستخدامها فى التغذية. كما أن هناك بعض المواد الغذائية التى تحتوى على كميات كبيرة من هذه العناصر المعدنية ولكن معظمها تكـــون فى صـــورة غير ميسرة للأسماك فعلى سبيل المثال فإن عنصر الزنك فى كسب فول الصويا يكون أقل تيسراً للأسماك مقارنة بذلك الموجود فى الكازين وهـــذا راجع إلى وجود حمض الفيتيك phytic acid فى كسب فول الصويا والـــذى يتحد مع الزنك مكونا مركب معقد غير ميسر للإمتصاص فى الأسماك وفى مثل هذه الحالات يجب إضافة مخاليط العناصر المعدنية إلى علائق الأسماك. وفى إحدى التجارب التى إجريت فى هذا المجال لبيان مدى أهمية العناصر المعدنية فى علائق السالمون لم يتم إضافة مخلوط العناصر المعدنية إلى علائق هذه الأسماك

وبعد مرور ٢-١٠ أسابيع من التغذية بهذه العلائق ظهرت أعراض نقص هذه المعادن علي الأسماك حيث فقدت الأسماك الشهية لتناول الغذاء كما قلت حركة الأسماك وأنخفض معدل النمو وإنتهت هذه الأعراض بموت نسبة من هذه الأسماك وقد أدت إضافة مخلوط المعادن بنسبة ٢% إلى علائق هذه الأسماك إلى إختفاء الأعراض سابقة الذكر. ولذلك يجب إضافة ٢% مخلوط المعادن إلى علائق الأسماك وهذه الكمية عادة ماتكون كافية لسد إحتياجات معظم أنواع الأسماك من العناصر المعدنية وعند خفض نسبة مخلوط العناصر المعدنية عن ٢% في العليقه أدى ذلك إلى فقد الأسماك للشهية وأنخفض معدل النمو وكذلك إنخفض وزن الجسم وكان ذلك متبوعاً بزيادة نسبة الوفيات ويؤدى نقص الفوسفور والماغنسيوم والحديد واليود إلى ظهور هذه الأعراض بوضوح. ويوضح جدول (٢-٧) إحتياجات الأسماك من العناصر المعدنية والتي يجب توفيرها في العليقة.

ويمكن تقسيم العناصر المعدنية التي تحتاجها الأسماك في عمليات التمثيل الغذائي إلى ثلاثة مجموعات:

١- تركيبية **Constructional**

وتشمل الكالسيوم والفوسفور والفلورين والماغنسيوم وهي عناصر هامه وضرورية في تكوين العظام أما الصوديوم والكلورين فإنها تعتبر الألكتروليتات الأساسية في بلازما الدم والسوائل البين خلوية **extracellular fluid** أما الكبريت والبوتاسيوم والفوسفور فهي تعتبر من الألكتروليتات الأساسية للسوائل الخلوية **intracellular fluid** ولذلك فإن هذه العناصر المعدنية تعتبر ضرورية لإنتاج هذه السوائل.

جدول (٢-٧): إحتياجات الأسماك من العناصر المعدنية

العنصر	الإحتياجات /كجم عليقة جافة
الكالسيوم	٥ جرام
الفوسفور	٧ جرام
الماغنسيوم	٥٠٠ مجم
الصوديوم	١-٣ جرام
البوتاسيوم	١-٣ جرام
الكبريت	٣-٥ جرام
الكلورين	١-٥ جرام
الحديد	٥٠-١٠٠ مجم
النحاس	١-٤ جرام
المنجنيز	٢٠-٥٠ مجم
الكوبالت	٥-١٠ مجم
الزنك	٣٠-١٠٠ مجم
اليود	١٠٠-٣٠٠ مجم
الموليبدنم	آثار
الكروميوم	آثار
الفلورين	آثار

Cho and Schell (1980)

٢- تنفسية **Respiratory**

ويعتبر الحديد والنحاس عناصر هامة فى تكوين هيموجلوبين الدم وبالتالى فهذه العناصر هامه فى عمليات التنفس ونقل الأكسجين إلى أنسجة الجسم.

٣- تمثيلية **Metabolic**

ويشمل هذا القسم العناصر المعدنية الأخرى والتى لها دور فى عمليات التمثيل الغذائى وتحتاج الأسماك الى كميات ضئيلة من هذه العناصر مقارنة بكمية العناصر المعدنية التى تحتاج إليها الأسماك لأداء الوظيفتين السابقتين وسوف نستعرض فى الصفحات التالية أهم العناصر المعدنية التى يجب توفير إحتياجات الأسماك منها وذلك عند تكوين العلائق.

ويمكن تلخيص أهمية العناصر المعدنية الكبرى والصغرى للأسماك فى الآتى:

- تعتبر المكون الأساسى للهيكل العظمى والأسنان.
- تلعب دوراً هاما وأساسياً فى المحافظة على الضغط الأسموزى بالجسم.
- تدخل فى تركيب الكثير من الإنزيمات والهرمونات.
- تنظيم تركيز أيون الأيدروجين فى سوائل الجسم.
- تعمل على نقل النبضات العصبية وتقلصات العضلات.
- تدخل فى تركيب بعض الأنسجة اللينه فى الجسم.

أولاً: العناصر الكبرى

(١) الكالسيوم **Calcium**

يمثل الكالسيوم والفوسفور أكبر المكونات الغير عضوية فى جسم الحيوان حيث أن ٩٩% من الكالسيوم ، ٨٠% من الفوسفور تتواجد فى العظام

والقشور كما وجد أن ٢٠-٤٠ من الكالسيوم تتواجد فى القشور وحدها. أما النسبة الباقية من الكالسيوم (١%) فإن لها دوراً حيوياً فى عمليات التمثيل الغذائى حيث أن هذا الكالسيوم يعتبر جزء هام من مكونات السائل الخلوى intracellular fluid ووجود الكالسيوم يعتبر أساسياً لنشاط بعض الإنزيمات التى لها علاقة بإنقباض العضلات وكذلك التى لها علاقة بنقل النبضات العصبية. ووجود الكالسيوم فى السائل البين خلوى extracellular fluid وخاصة فيما يتعلق بإستجابة العضلات للمؤثرات الخارجية وكذلك عملية تجلط الدم blood clotting.

وتشير الدراسات أن معظم الأسماك تمتص الكالسيوم من الماء عن طريق الخياشيم حيث وجد أن كمية الكالسيوم التى يتم إمتصاصها من الماء تعادل كمية الكالسيوم التى تحصل عليها عن طريق الغذاء. ويتم إمتصاص الكالسيوم من الماء حتى ولو أحتوت العليقة على كمية كافية من الكالسيوم. ويتراكم الكالسيوم الممتص من الماء فى العظام بصفة اساسية وهذا يوضح أن الكالسيوم الممتص من الماء يستخدم أساساً لأداء الوظائف التركيبية بصفة أساسية مقارنة بإستخدامة فى عمليات التمثيل الغذائى.

وكمية الكالسيوم الذى تحصل عليه الأسماك سواء عن طريق الإمتصاص من الماء أو عن طريق الغذاء يعتمد على معدل التمثيل الغذائى metabolic rate للأسماك حيث أن إرتفاع معدل التمثيل يؤدى إلى زيادة الكالسيوم الذى تحصل عليه الأسماك ولذلك فالأسماك الصائمة starved fish والتى يكون معدل عمليات التمثيل الغذائى فيها منخفض نجد أنها تحتاج إلى كميات أقل من الكالسيوم مقارنة بالأسماك أثناء فترات التغذية. وتؤثردرجة

الحـــرارة على التمثيل الغذائى للمركبات الغذائية وبالتالى على الكالسيوم حيث أن إرتفاع درجة الحرارة يؤدى إلى زيادة إمتصاص الكالسيوم من الماء.

وتؤثر كمية الفوسفور الميسر للأسماك على إمتصاص الكالسيوم من الماء حـــيث تـــؤدى زيـــادة تركيز الفوسفور فى الماء أو فى الغذاء إلى زيادة الكمية المتحصـــل عليها من الكالسيوم فقد أشارت الأبحاث العديدة فى هذا المجال أنه عندما تحصل الأسماك على كميات كافية من الكالسيوم سواء عن طريق الماء أو الغـــذاء المحـــتوى على كميات منخفضة من الفوسفور وجد أن محتوى العظام والأنســـجة الأخرى من الكالسيوم تكون أقل من تلك التى تتغذى على علائق تحتوى على كميات كافية من الكالسيوم والفوسفور.

هـــذا وقد وجد أن نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور فى جسم السمكة ليس لها علاقة بكمية الفوسفور الممتصه كما وجد أن إمتصاص الكالسيوم من الماء يجعل الأسماك لا تعتمد كثيراً على الكالسيوم الموجود فى الغذاء حيث وجد أن أسمـــاك الســـالمون التى غذيت على علائق فقيرة فى محتواها من الكالسيوم ولكـــنها غنـــيه فى الفوســـفور قد نمت طبيعياً لعدة شهور كما تؤدى إضافة الكالسيوم بعد ذلك إلى العليقة إلى التأثير على كمية الكالسيوم والفوسفور فى أجسام الأسماك. وعندما أحتوت المياه على ١٦-٢٠ جزء فى المليون كالسيوم والعليقة على كميات كافية من الفوسفور أدى ذلك إلى نمو أسماك المبروك نمواً طبيعياً حتى لو أحتوت العليقة على ٣٠ مجم كالسيوم/١٠٠ جرام غذاء.

وبالـــرغم مـــن أن إحتـــياجات الكالسيوم ومعدل إمتصاصة يختلف بإخـــتلاف أنـــواع الأسماك فإن بعض الأسماك تحتاج إلى إضافة الكالسيوم إلى العليقة حيث أدت تغذية ثعبان السمك اليابانى على عليقة فقيرة فى محتواها من الكالسيوم إلى فقد الشهية وكذلك إنخفاض معدل النمو.

ولقد وجد أن ثعبان السمك الياباني يحتاج إلى علائق تحتوى على ٢٧٠ مجم/١٠٠ جرام عليقة كما أن خفض محتوى العليقة من الكالسيوم من ٣٤ر٠ إلى ١٣٦ر٠% (الفوسفور ٦٨ر٠% فى العليقتين) أدى إلى خفض معنوى فى معدل نمو أسماك الدنيس من ٤٣ جرام إلى ١ر٢٧ جرام (وذلك خلال ٧٦ يوم).

وبالرغم من أهمية وجود الكالسيوم بكميات كافية لإحتياجات الأسماك إلا أن الزيادة منه فى علائق الأسماك لها تأثير ضار فى حالات معينه فلقد وجد أنه عند تغذية أسماك التروت على علائق منخفضة فى محتواها من الماغنسيوم وأن المحتوى العالى للكالسيوم (٢٧ جرام/كجم عليقة) فى هذه العلائق أدى إلى خفض معدلات نمو الأسماك وزيادة تراكم الكالسيوم فى وحدات النفرون الكلوية renal nephro calcinosis وهذا بالطبع لايحدث فى حالة وجود كميات كافية من الماغنسيوم فى العليقة.

(٢) الفوسفور Phosphorus

إن محتوى جسم السمكة من الفوسفور يساوى تقريباً محتواه من الكالسيوم وبالإضافة إلى دور الفوسفور فى تكوين العظام وجد أنه يكون جزء هام من مكونات السائل الخلوى intracellular fluid فيدخل الفوسفور فى مكونات الفسفوليبيدات والتى تعتبر عناصر هامة فى تكوين أغشية الخلايا كما يلعب دوراً هاماً وأساسياً فى نقل الطاقة فى الخلية.

والفوسفور مثل الكالسيوم يمتص مباشرة من الماء ولكن معدل إمتصاصه يقل كثيراً عن معدل إمتصاص الكالسيوم ولقد وجد أن محتوى أجسام أسماك السالمون من الفوسفورعند الفقس تزيد عن الكالسيوم ولكن عندما تبدأ فى التغذية يزيد محتوى أجسامها من الكالسيوم حتى يصل إلى

مستوى الفوسفور كما لوحظ أن معدل إمتصاص الفوسفور قليل فخلال ٩٦ ساعة وجد أن السمكة تمتص كمية من الفوسفور تصل إلى ١/٣٠٠٠٠ من كمية الفوسفور الموجودة فى أجسامها وخلال نفس المدة وجد أن كمية الكالسيوم الممتصة تصل إلى ربع محتوى أجسامها من الكالسيوم ولقد وجد أن الكمية العظمى من الفوسفور تمتص عن طريق الأمعاء مقارنة بالخياشيم أو أجزاء الجسم الأخرى فى أسماك السالمون ويتأثر معدل إمتصاص الفوسفور بتركيز الفوسفور فى الماء حيث تؤدى زيادة تركيز الفوسفور فى الماء إلى زيادة إمتصاصه بواسطة الأسماك. ولأن تركيز الفوسفور فى الماء يؤثر كذلك على إمتصاص الكالسيوم لذلك فإن نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور تظل مستقلة عن تركيز الفوسفور فى الماء وفى المقابل نجد أن تركيز الكالسيوم فى الماء لا يؤثر على إمتصاص الفوسفور ولاعلى كمية الكالسيوم الممتص ولذلك فإن نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور لاتتأثر بمستوى تركيز الكالسيوم فى الماء. وتحت الظروف الطبيعية وجد أن إمتصاص الفوسفور من الماء بسيط نسبياً وغير كافى لسد إحتياجات الأسماك ولذلك لابد من إضافة هذا العنصر إلى علائق الأسماك وذلك لضمان تمام تكوين العظام بصورة طبيعية.

وفى الحقيقة فإن كمية الفوسفور التى تحصل عليها السمكة عن طريق الغذاء تصل إلى حوالى ٢٠٠ مره مقارنة بتلك الممتصة من الماء وقد أثبتت الابحاث أن التغذية على علائق فقيرة فى محتواها من الفوسفور يؤدى إلى إنخفاض معدلات النمو وزيادة نسبة النفوق. ومن علامات نقص الفوسفورفى أسماك السالمون فقد الشهية وقلة الحركة وإنخفاض محتوى الجسم من الكالسيوم والفوسفور وفى أسماك القرموط وجد أن من أعراض نقص الفوسفور قلة الإستفادة من الغذاء وإنخفاض مستوى الهيماتوكريت hematocrit كما وجد

كذلك أن نقص الفوسفور فى العليقة يؤدى إلى تراكم الدهون فى الجسم وبصفة خاصـــة فى الأمعـــاء. ومحـــتوى العلـــيقة من الفوسفور لايؤثر على إمتصاص الكالســـيوم كما سبق ان ذكرنا ولكنه يؤثر على العناصر المعدنية الأخرى مثل الكوبلت والماغنسيوم حيث وجد أن نقص الفوسفور فى العليقة يؤدى إلى نقص محتوى جسم السمكة من عناصر الرماد.

ولقد وجد أن معدل إمتصاص الفوسفور من العليقة فى أسماك المبروك العادى common carp عالى حيث يصل إلى ٩٠-٩٥% من الكمية الموجودة فى العليقة أما فى المواد الغذائية النباتية مثل كسب الفول السودانى فإن نسبة الممتص من الفوسفور منها تصل إلى ٤٠% فقط . وكما هو الحال فى إمتصاص الفوسفور من الماء فلقد وجد أن معدل إمتصاص الفوسفور من الغذاء يتأثر بمحتوى الغذاء من الكالسيوم حيث أن زيادة كالسيوم العليقة يؤدى إلى نقص معدل إمتصاص الفوســـفور كما وجد أن درجة الحرارة تعتبر من العوامل المؤثرة على إمتصاص الفوســـفور حيث أن إرتفاع درجة حرارة البيئة المائية التى تعيش فيها الأسماك عـــادة ماتكـــون مصحوبة بإرتفاع معدل إمتصاص الفوسفور وتختلف أنواع الأسمـــاك فيما بينها فى معدلات إمتصاص وتمثيل الفوسفور وبالتالى فإحتياجات الأسماك من الفوسفور تختلف بإختلاف أنواع الأسماك وهو مايوضحه الجدول (٢-٨).

ويوجد الفوسفور فى معظم مواد العلف ولكن تختلف درجة الإستفادة منه بإختلاف أنواع الأسماك وهنا يجب أن نتذكر أن معظم مركبات الفوسفور لاتوجد فى صورة قابلة للذوبان فى الماء ولكنها تذوب فقط فى الأحماض فمثلاً الأباتـــيت apatite (الفوســـفات الصـــخرى) وكـــذلك الفوسفات ثلاثى الكالســـيوم tri-calcium phosphate والموجود فى العظام لاتذوب إلا فى

الأحماض القوية وبذلك تختلف الأسماك فى درجة الإستفادة من الفوسات فهناك الأسماك ذات المعدة الحقيقيه (التى تفرزالعصارات الحمضية) والأسماك التى ليس لهـــا معـــدة (لا تفرزالعصـــارات الحمضية) ويوضح جدول (٢-٩) معدل إمتصاص وإستفادة أسماك المبروك العادى وأسماك التروت rainbow trout مـــن فوسفور العليقه. حيث نلاحظ ان أسماك المبروك العادى (ليس لها معدة) تســـطيع أن تمـــتص وتستفيد من فوسفات الكالسيوم الأحادية الذائبة فى الماء mono-calcium phoaphate بصـــورة أفضل من أسماك التروت ولكنها لاتســـتفيد مـــن فوسفات ثلاثى الكالسيوم tri-calcium phoaphate التى تـــذوب فى الأحماض ونظراً لأن معظم الفوسفور الموجود فى مسحوق السمك (فى العظام) فى صورة فوسفات ثلاثى الكالسيوم tri-calcium phoaphate لـــذلك فـــإن أسماك المبروك العادى لاتستفيد جيداً من الفوسفور الموجود فى مسحوق السمك أما أسماك التروت فإنها تستطيع أن تستفيد جيداً من الفوسفور الموجـــود فى هذا المصدر أما الفوسفور العضوى الموجود فى الخميرة والكازين فتستفيد منه أسماك المبروك وأسماك التروت بدرجة عالية وبنفس الكفاءة ودرجة الإســـتفادة من الفوسفور الموجود فى رجيع الأرز قليلة سواء بالنسبة للمبروك العادى أو التروت.

هذا ولقد وجد أن أسماك الدنيس تستطيع أن تستفيد من الفوسفات الذائبة فى الماء بدرجة أكبر من الفوسفات الغير ذائبة فى الماء أما أسماك البلطى النيلى *O.niloticus* فلقـــد وجـــد أنهـــا تستطيع أن تستفيد من ٦٥% من الفوسفات الموجوده فى العظام.

جدول (٢-٨): الإحتياجات الغذائية من الفوسفور لأنواع الأسماك المختلفة

نوع الأسماك		إحتياجات الفوسفور (%من العليقة)
السالمون	Chum salmon	٠ر٥٠-٠ر٦
التروت	Rainbow trout	٠ر٦٥-١ر٠٩
المبروك العادى	Common carp	٠ر٦٠-٠ر٧
القرموط	Channel catfish	٠ر٤٠-٠ر٨
الدنيس	Sea bream	٠ر٦٨
ثعبان السمك اليابانى	Japanese eel	٠ر٢٩

جدول (٢-٩): الفوسفور الميسر (المتاح) من مواد العلف المختلفه وذلك بالنسبة لأسماك التروت والمبروك

مادة العلف	محتوى الفوسفور (%)	تيسر الفوسفور (%)	
		المبروك العادى	التروت
فوسفات ثلاثى الكالسيوم	٠ر٦٣	٣	٥١
فوسفات أحادى الكالسيوم	٠ر٧٩	٨٠	٦١
الفيتين phytin	١ر٦٥	٨	١٩
الكازين casein	٠ر٤٧	١٠٠	٩٠
مسحوق السمك	٠ر٩٩	٢٦	٦٠
الخميرة petroleum yeast	٠ر٤٦	٩٩	٩١
رجيع الأرز rice brane	٠ر٧٩	٢٥	١٩

ومما سبق يتضح أهمية إضافة عنصر الفوسفور إلى علائق الأسماك بكميات كافية لسد إحتياجاتها من هذا العنصر وذلك لأن المصادر الطبيعية للفوسفور والموجودة فى مواد العلف قد تكون فى صور غير ميسرة للأسماك. وفى تجربة أجريت على أسماك المبروك العادى وجد أن إضافة فوسفات الصوديوم

Na_2HPO_4 بمعـــدل ٤% إلى العلـــيقة أدت إلى منع علامات نقص الفوسفور (تكســـير عظام الرأس) وكذلك تحسن فى معدل النمو وزيادة درجة الإستفادة من الغـــذاء وتحســـين نسبة الحيوية أثناء فصل الشتاء. كما أدت إضافة الفوسفور إلى علائـــق الأسمـــاك فى هـــذه التجربة إلى زيادة محتوى جسم الأسماك من البروتين وإنخفاض محتواه من الدهن وهذا يوضح دور الفوسفور فى تمثيل الدهون. وفى تجربة أخـــرى وجد أنه ليس هناك فروق واضحة فى نمو أسماك التروت التى أحتوت علائقها على مركبات فوسفاتية مختلفة أما أسماك المبروك التى تغذت على علائق تحـــتوى علـــى فوسفات أحادى الصوديوم mono-sodium phosphate وفوسفات أحادى البوتاسيوم mono-potassium phosphate و فوسفات أحادى الكالسيوم mono-calcium phosphate وجد أن نمو هذه الأسماك قد زاد إلى الضـــعف مقارنة بالأسماك التى تغذت على علائق تحتوى على الفوسفور فى صورة فوسفات ثنائى أو ثلاثى الكالسيوم.

(٣) الكبريت Sulphur

الكـــبريت (مـــثل الفوســـفور) عنصـــر هام فى تكوين السائل الخلوى intracellular fluid حـــيث أنـــه يدخل فى تكوين الأحماض الأمينية الكبريتية (مثل المثيونين والسستين) وكمية الكبريت فى العضلات تماثل كمية الفوسفور. ويتشابه الكبريت مع الفوسفور والكالسيوم فى أنه يمتص مباشرة من الماء ولو أن تركيـــزه فى الماء أكبر من تركيز الفوسفور وبالرغم من ذلك فإن إمتصاصه من الماء أقل من الفوسفور حيث تمتص كمية بسيطة منه من الماء وتدخل فى تكوين المـــركبات العضوية فى الجسم ولذلك فإن أغلب الكبريت تحصل عليه الأسماك عـــن طريق الغذاء وكمية الكبريت التى تحصل عليها السمكة عن طريق الغذاء

تعـــادل ١٠٠ مره قدر الكمية التى تمتص عن طريق الماء ولقد وجد أنه عندما يكون تركيز الكبريت فى الماء ٤ مجم/لتر فإن أسماك التروت تستطيع أن تمتص ٤ ر٩ ميكروجـــرام فى اليوم وعندما أحتوت العليقة على ٤ مجم/كجم عليقة فإن الســـمكة أســـتطاعت أن تحصل على ٨ر٤٨٠ ميكروجرام وقد عادلت هذه الكمية ١% من كمية الكبريت الموجوده فى الجسم.

وأشـــارت نـــتائج الأبحاث أن معظم الكبريت يتواجد فى الدم وكمية بسيطة منه وجدت فى العضلات فى صورة كبريت عضوى. ولوحظ أن كمية الكـــبريت التى تحصل عليها الأسماك عادة ماتكون أكبر من إحتياجاتها من هذا العنصـــر وتقوم السمكة بالتخلص من الكميات الزائدة من هذا العنصر خلال عدة أيام من إمتصاصه. ولقد وجد أن زيادة محتوى العليقة من الكبريت يؤدى إلى زيـــادة محـــتوى الجسم من هذا العنصر بالرغم من أن معدل الإستفادة من الكـــبريت (كمية الكبريت المحتجزة فى الجسم/كمية الكبريت المأكولة) عادة ما تكون عالية فى حالة إنخفاض محتوى العليقة من الكبريت.

(٤) الحديد Iron

يعتبر الحديد عنصراً هاما وأساسياً فى تكوين هيموجلوبين الدم والذى يقوم بحمل الأكسجين إلى أنسجة الجسم المختلفة كما يعمل كمكون فى نظام الـــــ cytochrome enzyme الـــذى يعمـــل على تكوين المركبات الغنية بالطاقة مثل مركب الأدينوزين ثلاثى الفوسفات (ATP). وتتكون كرات الدم الحمـــراء فى الطحال والجزء الأمامى من الكلية فى الأسماك فى حين يتم تكوينها فى خلايا نخاع العظام فى الحيوانات الأخرى. وعند إنحلال كرات الدم الحمراء فـــإن معظـــم الحديد يعاد إستخدامه فى تكوين كرات دم حمراء جديدة وجزء

صـــغير منه يفرز فى الأمعاء. والحديد مثل العناصر الأخرى كالزنك والنحاس قليل الذوبان فى الماء ويتم إمتصاصه ونقله فى الجسم عن طريق إرتباطة بالبروتين فمثلاً فى خلايا الطبقة المخاطية mucosa المبطنة للأمعاء الدقيقة يرتبط الحديد بـــبروتين يســـمى الأبـــوفيرتين apoferrtin ليكون مركب يسمى فرتين ferrtin ويـــتم تنظـــيم كمية الأبوفرتين فى الطبقة المخاطية للأمعاء عن طريق الجسم. ويوجد الحديد فى صورته المؤكسدة Fe^{+++} عند إتحادة مع البروتين فى الطـــبقة المخاطية ويتم تخزينه فى الكبد حتى يتم إستخدامه حيث ينطلق فى الدم فى صورة مختزله Fe^{++}. وأدى نقص الحديد فى علائق ثعبان السمك اليابانى Japanese eel والمـــروك العـــادى فى ظهور أعراض الأنيميا. ولقد قدرت إحتـــياجات أسماك الذيل الأصفر yellow tail من الحديد بأنها وصلت إلى ٥٧ مجـــم/١٠٠ جرام عليقة. أما فى أسماك ثعبان السمك اليابانى فقد وجد أن إحتـــياجات الحديد هى ١٧ مجم/١٠٠ جرام عليقة أما أسماك القرموط فيحتاج إلى ٣٠ مجم/كجم عليقة.

ثانياً: العناصر الصغرى Trace elements

كمـــا ســـبق أن أشرنا فإن بعض العناصر تشترك فى عمليات التمثيل الغذائـــى ولذلك تحتاجها الأسماك بكميات بسيطة ويؤدى نقص أو عدم وجود هذه العناصر إلى ظهور علامات نقصها والتى من أهمها إنخفاض معدلات النمو ومـــوت الأسماك. ويؤدى وجودها بنسب معتدلة إلى تحسن فى الأداء الإنتاجى للأسماك ولكن زيادتها تعتبر سامة للأسماك حيث يؤدى زيادة محتوى العليقة منها إلى إنخفاض معدل النمو وموت الأسماك . ومن أهم هذه العناصر:

(١) الكوبلت Cobalt

الكـــوبلت عنصـــر أساسى فى تكوين فيتامين ب١٢ ويتم إنتاج هذا الفيتامين بواسطة بكتريا الأمعاء intestinal bacteria flora فى بعض أنواع الأسماك ولذلك فإن هذا العنصر هام وضرورى لإستمرار إنتاج هذا الفيتامين. والكوبلت له دور كذلك فى بعض عمليات التمثيل الغذائى الأخرى مثل تنبيه وتنشـــيط بعض الإنزيمات المحلله للبروتينات peptidases كما يعمل كمرافق إنزيمـــى co-factor لـــبعض الإنزيمات مثل إنزيم الألدوليز aldolase والذى يســـاعد فى تحـــويل الفـــراكتوز ١، ٦ فوسفات إلى التراى فوسفات وإنزيم الفوســـفوجلوكوميوتيز phosphoglucomutase والذى يعمل على تحويل الجلوكوز ١- فوسفات إلى جلوكوز-٦ فوسفات وفى حالات خاصة فإن له دور هام فى تنظيم مسارات تمثيل الكربوهيدرات والأحماض الأمينية بالجسم.

وتســـطيع الأسماك إمتصاص الكوبلت مباشرة من الماء بكميات بسيطة وبطريقة مشابهة لإمتصاص الكالسيوم حيث أن إمتصاص الكوبلت يتأثر بمعدل التمثـــيل الغذائى metabolic rate ولأن تركيز الكالسيوم فى الماء يؤثر على التمثـــيل الغذائـــى فإنـــه يؤثر كذلك على إمتصاص الكوبلت فلقد وجد أن إنخفـــاض محـــتوى الماء من الكالسيوم من ٥٠ مجم/لتر إلى ٥ ، ٥ر٠ ، صفر مجـــم/لتـــر قد أدى على إرتفاع معدلات إمتصلاص الكوبلت بواسطة أسماك التروت brook trout & rainbow trout من الماء المحتوى على ١ مجم/لتر كوبلت إلى الضعف ، ثلاثة أضعاف ، عشرة أضعاف على التوالى .

ويـــتم إمتصاص الكوبلت من الماء عن طريق الخياشيم. ولقد أشارت العديد من التجارب أن إضافة الكوبلت إلى الماء أو إلى علائق الأسماك قد أثرت علـــى بعض العمليات الفسيولوجية داخل الجسم وأدى ذلك إلى زيادة معدل

النمو والإستفادة من الغذاء وكذلك تحسن فى معدل حيوية الأسماك كما أدت إضافة الكوبلت إلى العليقة أو إلى الماء إلى التأثير على مكونات دم أسماك المبروك العـــادى حيث زاد تركيز كرات الدم الحمراء وكذلك الهيموجلوبين وإنخفض عـــدد كـــرات الـــدم البيضـــاء. كمـــا وجد أن إضافة ٠٢ر٠-٠٨ر٠ مجم كوبلت/كجم وزن حى قد أدى إلى زيادة محصول الأسماك بحوالى ١٦-٣٠% وتحســـن معـــدل تحويل الغذاء بما يوازى ٢٠-٢٥% مقارنة بأسماك مجموعة المقارنة التى لم يتم إضافة الكوبلت إلى العليقة. وفى تجربة أخرى وجد أن إضافة الكـــوبلت بمعدل ٤ر٠/كجم من وزن الأسماك الحى فى اليوم فى صورة نترات الكـــوبلت $Co(NO_3)_2.6H_2O$ لأسمـــاك المبروك العادى قد أدى إلى زيادة محصول الأسماك بنسبة وصلت إلى ٨ر٣٠% وتحسن معدل تحويل الغذاء بحوالى ٧% مقارنة بمجموعة المقارنة والتى تغذت على علائق خالية من هذا العنصر. وفى تجـــربة أخـــرى أضيف الكوبلت فى صورة $Co(NO_3)_2$ إلى الماء لأسماك المـــبروك الهـــندى Indian carp فوجد أن نسبة الحيوية فى زريعة الأسماك قد وصـــلت إلى ٧٥ر٤٩% مقارنة ب٣٣ر٣٠% لمجموعة المقارنة. كما أظهرت أسماك البورى نتائج مشابهة للمبروك الهندى حيث أدت إضافة الكوبلت بتركيز ١ جزء فى المليون إلى تحسين معدل نمو الزريعة ووصول معدل الحيوية إلى ٩٥ % مقارنـــة بمجمـــوعة المقارنة التى وصلت نسبة الحيوية بها إلى ٦٠% ولقد أفترض أن تأثير الكوبلت يأتى من خلال تأثيرة على إنتاج فيتامين ب١٢ أو قد يكـــون راجعـــاً إلى تـــأثير الكـــوبلت علـــى الإتزان الهرمونى بين الأنسولين والجلوكاجون Insulin-glucagon balance والذى يؤثر على عملية الهدم اللاهوائى للجلوكوز glycolysis والتمثيل الغذائى للأحماض الأمينية.

ولقد أشارت العديد من الدراسات أن الفقاريات عندما تحصل على الكوبلت فإنه يتراكم فى جزر لانجرهانز Langerhans وفى الأسماك وجد أن الأماكن الرئيسية لتراكم الكوبلت هى خلايا بيتا β-cells كما يمكن أن تتواجد كذلك فى خلايا ألفا α-cells أما فى الثدييات فإنه يتراكم فى خلايا ألفا.

وللكوبلت أثنين من الصفات البيوكيميائية الهامه الأولى وهى قدرتة على تحويل الأنسولين إلى صورة ثابتة بدرجة كبيرة والثانية هى قدرتة على تكوين مركبات معقدة من المواد المحتوية على مجموعات السلفاهيدريل (-SH) مثل السستئين والجلوتاثيون ولكى يتركز الكوبلت فى الخلية لابد من أن يعبر الغشاء الخلوى للخلية والخلايا التى تتميز بإنخفاض محتواها من مجموعات السلفاهيدريل فى أغشيتها الخلوية مثل خلايا جزر لانجرهانز التى لها قدرة عالية على تركيز الكوبلت بدرجة أكبر من الخلايا ذات المحتوى العالى من مجموعات السلفاهيدريل. وخلايا بيتا تخلق أو تخزن الأنسولين وتميل إلى إمتصاص أيونات الكوبلت. ومن الممكن أن يتحد الكوبلت الممتص مع مجموعات السلفاهيدريل الموجودة فى الغشاء الخلوى أو الموجوده فى الميتاكوندريا ولذلك فهو يعمل على إرتباك فى تحرر الأنسولين فى الدم مما يؤدى إلى حدوث الهيبوجلايسيما hypoglycaemia. ويعتمد تأثير مستوى الجلوكوز والأحماض الأمينية فى الدم على التوازن السريع بين هذه المؤثرات والتى تعتمد على كمية الكوبلت المتحصل عليها بواسطة الأسماك فقد أشارت بعض التجارب أن إضافة الكوبلت إلى علائق أسماك القرموط أدى إلى حدوث الهيبوجلايسيما hypoglycaemia وإنخفاض محتوى الكبد من الجليكوجين خلال خمس ساعات كما أدى ذلك إلى حدوث تغيرات هستولوجية فى خلايا جزر لانجرهانز.

(٢) الكروميوم Chromium

للكـــروميوم دور أساسى وضرورى فى نمو وتطور الثدييات والدواجن وقـــد أدى نقـــص هـــذا العنصـــر فى علائـــق الحيوانات إلى ظهور أعراض الهيرجلايســـيما hyperglycaemia وتفـــاوت فى معدلات النمو وكذلك إرتفاع مستوى كوليسترول الدم وإنخاض درجة الخصوبة. ولقد وجد أن علائق الأسماك التى تحتوى على ٤٥ر٥% بروتين خام قد أعطت أفضل معدلات للنمو وذلـــك عـــند إحتواء العليقة على ١ مجم كروميوم/كجم عليقه وهذا المعدل منخفض إذا ماقورن بالكمية الواجب توافرها فى علائق الرومى (٢٠ مجم/كجم عليقة) واللازمة للحصول على أفضل معدل للنمو.

(٣) الماغنسيوم Magnesium

يعتبر الماغنسيوم مكون أساسى من مكونات العظام فى الأسماك حيث وجـــد أن ٧٠% مـــن الماغنسيوم يتواجد فى الأنسجة الصلبة أما دوره فى عملـــيات التمثـــيل الغذائـــى فهـــو مرتبط بتمثيل الكالسيوم والفوسفور. وللماغنســـيوم دور أساســـى فى بعـــض الأنشطة الإنزيمية الخاصة بتمثيل الكربوهيدرات وخاصة الإنزيمات التى لها علاقة بالمركبات الغنية بالفوسفور phosphorous-rich metabolities مـــثل الأدينوزين ثلاثى الفوسفات ATP وبالرغم من أنه لم يلاحظ أن هناك أى علامات لنقص الماغنسيوم فى أسماك الدنيس وذلك لوجوده بمستويات مرتفعة فى مياه البحر التى تعيش فيها هذه الأسماك إلا انه لوحظ أن لنقص الماغنسيوم أعراض امكن مشاهدتها على أسماك المياه العذبة مثل القرموط والمبروك العادى حيث أدى نقص الماغنسيوم إلى فقـــد الشـــهية لتناول الغذاء وإنخفاض معدلات النمو والكسل وترهل

العضـــلات وهتك فى الخلايا الطلائية بالأعور وإنخفاض محتوى الجسم من العناصر المعدنية (الرماد) وتشنجات وعدم الرؤية والنفوق. ولذلك فالأسماك التى تربى فى المياه العذبة التى تحتوى على ١-٣ مجم/لتر من الماغنسيوم يجب إضـــافة ٠٧ر٠-٢٥ر٠% من الماغنسيوم إلى علائقها. أما فى أسماك ثعبان السـمك الـيابانى فقد وجد أن نقص الماغنسيوم قد أدى إلى فقد الشهية وإنخفـــاض معـــدلات النمو و لم تشاهد باقى الأعراض سابقة الذكر وعند إحتواء العليقة على ٢٥ مجم/١٠٠ جرام عليقه فإن هذه الأعراض قد تلاشت وللحصـــول علـــى معـــدلات نمو عالية فلابد من زيادة محتوى العليقة من الماغنســـيوم عن هذا المعدل. ولقد لوحظ أن كمية الماغنسيوم والفوسفور المتحصل عليها من الغذاء هى التى تؤثر فى ظهور اعراض نقص الماغنسيوم فى أسماك التروت rainbow trout فعندما كانت علائق التروت بها نقص فى عنصـــر الماغنســـيوم ولكـــنها أحـــتوت على مستوى عالى من الكالسيوم والفوسفور (٢٧ جرام/١٠٠ جرام عليقة لكل منهما) أدى ذلك إلى إنخفاض معـــدل الـــنمو وحـــدوث ترسيب للكالسيوم فى نيفرونات الكلية renal enphrocalcinosis أمـــا أسماك مجموعة المقارنة والتى تغذت على علائق محـــتوية علـــى كميات كافية من الماغنسيوم (١٠٠ مجم/١٠٠ جم علف) وكمـــيات منخفضـــة من الكالسيوم والفوسفور (٣ر١ جم/١٠٠ جم) فقد أظهـــرت الدراسات الهستولوجية أن الكلية كانت طبيعية و لم يحدث زيادة لمســـتوى الكالسيوم فيها. وتحتوى معظم المواد العلفية ذات الأصل النباتى علـــى نســـب مرتفعة من الماغنسيوم مما يؤدى إلى عدم ضرورة إضافتة إلى العليقة. ويوضح الجدول التالى (٢-١٠) إحتياجات أنواع الأسماك المختلفة من الماغنسيوم.

جـــدول (٢-١٠): إحتياجات الأسماك من الماغنسيوم واللآزمه للحصول على أعلى معدل للنمو

نوع الأسماك		مستوى الماغنسيوم
ثعبان السمك	Japanese eel	٤٠ مجم/١٠٠ علف
المبروك العادى	common carp	٤٠-٥٠ مجم/١٠٠ علف
أسماك التروت	rainbow trout	٦-٧٠ مجم/١٠٠ علف

(٤) اليود Iodine

يعتبر عنصر اليود عنصراً هاماً فى تكوين هرمونات الغدة الدرقية فعند توفـــر الحمـــض الأمـــينى تيروزيـــن واليود فإن الجسم يقوم بتكوين هرمون الثيروكسين ونقص اليود يؤدى إلى حدوث تضخم فى الغدة الدرقية فى الأسماك. وتستطيع الأسماك أن تمتص اليود من الماء. وتركيز اليود فى الغدة الدرقية يصل إلى ٥ر٠-١%. وهـــو يتواجد فى صورة مرتبطة مع جلوبيولين الغدة الدرقية thyroglobulin حـــيث أن عمليات التحلل المائى لجلوبيولين الدرقية يؤدى إلى الحصـــول علـــى الثيروكسين thyroxine ، iodothyronines وفى تجـــربة أجـــريت لتحديد إحتياجات أسماك السالمون chinook salmon من اليود وجد أن أن التغذية على علائق تحتوى على ١ر٠-١٠ر١ مجم يود/كجم علـــيقة لمـــدة ٦ أشهر لم تؤثر معنوياً على النمو وكفاءة الإستفادة من الغذاء وكذلك على التحليل الكيميائى للجسم ولكن لوحظ فقط إنخفاض تركيز اليود فى الغـــدة الدرقية للأسماك التى تغذت على العلائق ذات المحتوى المنخفض من اليود (١ر٠ مجم يود/كجم عليقة) مقارنة بالأسماك التى تغذت على العلائق ذات المحـــتوى االعـــالى مـــن اليود (٦ر٠ مجم يود/كجم عليقة). ومن الواضح أن

إحتياجات الأسماك من اليود منخفضة والتركيزات العالية من هذا العنصر سامة للأسماك. وفى تجربة أخرى أجريت على أسماك الـ gold fish وجد أن التغذية علـــى علائق تحتوى على ٠٠٢٥ر٠-٢٥ر٠ مجم يود/جرام من وزن الجسم/ يـــوم) أعطـــت أفضـــل معدل للنمو فى حين أن التركيزات العالية (٥ر٢ مجم يود/جرام من وزن الجسم/يوم) قد أدى إلى خفض معدلات النمو.

ويعتـــبر مســـحوق الســـمك مصدراً غنياً باليود وأغذية الأسماك التى لاتحـــتوى علـــى مسحوق السمك يجب إضافة اليود إليها وخاصة عند غياب الغذاء الطبيعى فى البيئة المائية.

(٥) المنجنيز Manganese

يعمـــل المنجنيـــز كعامل مساعد فى العديد من النظم الأنزيمية فى الجسم وللمنجنيـــز دور فى نشاط إنزيم الأرجينيز arginase فى الكبد وكذلك بعض الإنـــزيمات المحللـــة للـــبروتين peptidase كما أن له دور فى تنشيط بعض الإنزيمات مثل إنزيمات:

- phosphoglucomutase
- cholinestrase
- oxidative ketodecarboxylase
- ATPase فى العضلات

ويـــؤدى نقص المنجنيز إلى إظلام عدسة العين ووقف النمو وحدوث تشـــوه فى عظام العمود الفقرى وكذلك تشوهات فى الذيل. ولقد لوحظ أن أصبعيات أسماك المبروك العادى وأسماك التروت rainbow trout التى تغـــذت على علائق أحتوت على ١٢-١٣ مجم منجنيز/كجم عليقة جافة قد

نمت بمعدل أفضل من الأسماك التى تغذت على علائق أحتوت على ٤ مجم/كجم فقـــط أما أسماك القراميط فقد وجد أنها تحتاج إلى علائق تحتوى على ٤ر٢ مجم منجنيز/كجم عليقة.

ومن الملاحظ أن عمر الأسماك يؤثر على إحتياجاتها من المنجنيز حيث لوحظ أن أسماك التروت (١٥ جرام) لم يظهر عليها علامات نقص المنجنيز عند إحتواء علائقها على ٣ر١ مجم منجنيز/كجم عليقة جافة.

(٦) الزنك Zinc

يعتـــبر الـــزنك مكـــون هام من مكونات بعض الإنزيمات مثل إنزيم carbonic anhydrase (الـــذى يقـــوم بنزع الأيدروجين من الكحولات وحمض اللاكتيك) وكذلك بعض الإنزيمات المحلله للبروتين peptidase ويتم تخزين الأنسولين فى صورة مركب معقد مع الزنك.

ويؤدى نقص الزنك فى علائق أسماك القراميط إلى إنخفاض فى نشاط ال alkaline phosphatase وإنخفـــاض فى مســـتويات الزنك والكالسيوم فى العظـــام وتحتاج أسماك القراميط إلى حوالى ٢٠ مجم زنك/كجم على الأقل لمنع ظهـــور أعـــراض نقص هذا العنصر. وفى أسماك المبروك العادى وجد أن نقص عنصـــر الزنك إلى أقل من ١ مجم/كجم عليقة يؤدى إلى إنخفاض كفاءة هضم الكربوهيدرات والبروتين وإنخفاض معدلات النمو، فقد الشهية ، إرتفاع نسبة الوفـــيات ، التهاب الجلد والزعانف والمستوى ٥ مجم/كجم يسمح بالحصول على معدل نمو معقول ولكن عند إحتواء العليقة على ١٥-٣٠ مجم/كجم عليقة تختفى جميع مظاهر النقص سابقة الذكر والحصول على معدلات نمو عالية.

(٧) النحاس Copper

يقترن النحاس مع الحديد فى إمتصاصه والعمليات التمثيلية التى يدخلان فيها فعند نقص النحاس من العليقة فإن مستوى الحديد ينخفض فى أنسجة الجسم. ووجود النحاس هام لتمثيل الحديد وتكوين هيموجلوبين الدم والعديد من الأنظمة الإنزيمية مثل cytochrome C oxidase ، والتيروزينيز tyrosinase والنحاس ضرورى فى نمو العظام وربما يرجع ذلك إلى دورة فى تكوين الكولاجين. والنحاس مثل الحديد يمتص وينقل فى صورة مركب معقد مع البروتين والنحاس. تستطيع الأسماك أن تحصل على النحاس من الماء الذى تعيش فيه ولذلك فالإحتياجات الغذائية للأسماك من النحاس قليلة جداً مقارنة بحيوانات المزرعة الأخرى حيث وجد أن أسماك القرموط تحتاج إلى ٥ر١ مجم نحاس/كجم عليقة أما أسماك المبروك العادى فإنها تحتاج إلى ٣ مجم نحاس/كجم عليقة وعند إنخفاض هذا المستوى إلى ٧ر٠ مجم/كجم عليقة ينخفض معدل النمو ولو أن تأثير هذا الإنخفاض لم يلاحظ على أسماك التروت rainbow trout وإرتفاع تركيز النحاس فى العليقة عن هذا المعدل له تأثير سام على الأسماك. وفى تجربة أجريت على أسماك القرموط channel catfish وجد أن الأسماك التى تغذت على علائق أحتوت على ٥ر٩ مجم نحاس/كجم عليقة قد نمت بمعدل أفضل من تلك التى تغذت على علائق تحتوى على ٥ر٣ مجم/كجم عليقة وعند إحتواء العليقة على ٥ر١٧ ، ٥ر٣٣ مجم نحاس/كجم عليقة أدى ذلك إلى خفض معدلات النمو بدرجة كبيرة كما حدث إنخفاض فى أوزان هذه الأسماك.

(٨) السيلينيوم Selenium

للسيلينيوم دور فى العديد من عمليات التمثيل الغذائى وبالرغم من ذلك فإن دور السيلينيوم فى عمليات التمثيل الغذائى غير معروفة بالكامل. ويؤثر السيلينيوم فى إمتصاص فيتامين هـ (E) وإتحادة بالبروتين لتكون مركب الجلوتاثيون بيروكسيديز glutathione peroxidase والذى يعتبر مادة فعالة جداً فى منع حدوث التأكسد antioxidant لحماية الفسفولبيدات عديدة عدم التشبع. ويعتبر السيلينيوم أيضاً عامل مساعد فى عمليات تمثيل الجلوكوز. وتتشابه علامات نقص السيلينيوم مع علامات نقص فيتامين E. وللسيلينيوم دور فى النمو ووظائف الخلية والذى لايمكن تعويضه بأى مواد أخرى وبصرف النظر عن مستوى فيتامين E فإن السيلينيوم يحتاج الجسم اليه للحصول على النمو الطبيعى ولمنع تليف البنكرياس.

ويؤدى نقص السيلينيوم فى غذاء الثدييات إلى تحلل خلايا البنكرياس ويؤدى ذلك إلى نقص إفراز الإنزيمات الهاضمة. وفى الدجاج وجد أن للسيلينيوم دور فى تحويل المثيونين إلى سستين cystine وقد أمكن عزل السيلينيوم من بروتينات الإنزيمات مثل إنزيم β-galactosidase والسيتوكروم cytochrome C كما أن تخليق ونشاط الإنزيمات الأخرى تتأثر بالسيلينيوم (مثل إنزيم glutamic-oxalacetic transaminase) وبالرغم من ذلك فإن الجرعات السامة من السيلينيوم تعمل كمثبط لبعض الإنزيمات مثل إنزيمات dehydrogenase ويعتبر السيلينيوم وفيتامين E من العناصر الهامة الواجب توافرها فى علائق أسماك التروت rainbow trout وذلك لتقليل نسبة النفوق ومن الملاحظ أن إحتياجات الأسماك من هذا العنصر لم يتم تقديرها على وجه

الـــتحديد. وقد أثبتت التجارب الحديثة أن أسماك التروت يمكن أن تحصل على السـيلينيوم مـــن المـــاء حـــتى ولـــو كـــان تركيزه فى الماء منخفض (٤ر٠ ميكروجـــرام/لتـــر) وعند إحتواء علائق أسماك التروت على ٠٧ر٠ مجم/كجم علـــيقة جافة أدى ذلك إلى منع ظهور أعراض نقص السيلينيوم والتى منها تحلل وإضـــمحلال خلايـــا الكـــبد والعضلات وذلك بالرغم من تغذية زريعة هذه الأسماك على علائق تحتوى على ٤٠٠ وحدة دولية من فيتامين E/كجم عليقة. وفى الثديـــيات لوحظ أن الكبريت يثبط إمتصاص السيلينيوم ولكن ليس هناك معلومات عن علاقة السيلينيوم والكبريت فى الأسماك.

(٩)الصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد

Sodium, Potasium and chloride

لم تظهـــر أعراض نقص للصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد فى الأسماك بالرغم من أم هذه العناصر ضرورية فى تنظيم الضغط الأسموزى وإتزان درجة ال pH فى سوائل الجسم ، نقل النبضات العصبية والعديد من الوظائف الأخرى. ويدخل ايون الكلوريد فى تركيب حمض الهيدروكلوريك الذى يفرز فى المعدة. وتحـــتوى المياه العذبة وكذلك المياه المالحه على كميات كافية من هذه العناصر لسد إحتياجات الأسماك وقد وجد أن أسماك القراميط لاتستجيب لإضافة ملح الطعـــام (كلوريد الصوديوم) إلى العلائق الخالية من الملح وذلك بالنسبة لأسماك المياه العذبة.

ويوضح جدول (٢-٢١) أهم الوظائف الحيوية وأعراض نقص العناصر المعدنية فى علائق الأسماك.

جدول (٢-١١) : أهم وظائف وأعراض نقص العناصر المعدنية فى الأسماك.

العنصر	الوظائف	أعراض النقص
العناصر الكبرى		
الكالسيوم	تركيب العظام وغطاء القشريات الخارجى- ضرورى لتجلط الدم - منشط إنزيمى - نقل النبضات العصبية من خلية إلى أخرى - يعمل مع الفوسفوليبيدات على نفاذية أغشية الخلية	إنخفاض معدلات النمو - فقد الشهية - قلة محتوى الرماد من الكالسيوم - إنخفاض معامل تحويل الغذاء
الفوسفور	يدخل فى تكوين العظام - يدخل فى تكوين مركبات الطاقة ATP والكرياتين - يدخل فى تكوين بعض الإنزيمات - ينظم تمثيل الطاقة بالجسم - ينظم درجة ال pH فى سوائل الجسم	إنخفاض معدلات النمو - إنخفاض معامل تحويل الغذاء- تآكل العظام - تشوهات فى الهيكل العظمى والجمجمة- زيادة ترسيب الدهن حول الأمعاء
الماغنسيوم	مكون رئيسى للعظام والغضاريف والغطاء الخارجى للقشريات ومنشط لبعض الإنزيمات - ينظم تنبيه الأعصاب والعضلات ويلعب دوراً هاما فى التمثيل الغذائى للكربوهيدرات والبروتين والدهن	عتامه عدسة العين - زيادة النفوق - طراوة العضلات
الصوديوم والبوتاسيوم والكلور	يوجد الصوديوم والكلور فى سوائل الجسم أما البوتاسيوم فيوجد بالخلايا - تلعب العناصر الثلاثة دوراً هاماً فى المحافظة على الضغط الأسموزى بالجسم وتمثيل الماء - الصوديوم له دور أساسى فى إنقباض الخلية العضلية - البوتاسيوم يلعب دوراً هاماً فى تنبيه العضلات وتمثيل الجليكوجين الصوديوم والكلور يلعبان دور هام فى المحافظة على pH الدم وكذلك يلعب دور فى تكوين حامض الأيدروكلوريك بالمعدة	ضعف النمو - ضعف كفاءة تحويل الغذاء

العنصر	الوظائف	أعراض النقص
الكبريت	يدخل الكبريت في تكوين بعض الأحماض الأمينية مثل المثيونين والسستين يدخل فى تكوين فيتامين ثـيامين وبـيوتين – يدخل فى تركيب الغطاء الخارجى للقشريات – مكون أساسى للهيبارين والفـيرينوجين مـن بروتينات الدم- يدخل فى تكوين بعض المعاونات الإنزيمية	ضعف النمو – زيادة معدلات النفوق – ضعف معدلات تحويل الغذاء
العناصر الصغرى		
الحديد	يدخل فى تكوين هيموجلوبين الدم وكذلك بعض الإنزيمات – يلعب دوراً فى عملية نقل الأكسجين من الرئة إلى الدم وثانى أكسيد الكربون من الدم إلى الرئة	ضعف النمو – الأنيميا– ضعف معدلات تحويل الغذاء
الزنك	يـدخل فى تـركيب العديد من الإنزيمات مثل الفوسفاتيز والأرجينيز والبيتيديز – يلعب دور فى تمثيل الكربوهيدرات والدهن والأحماض النووية – يلعـب دور هـام فى فعل هرمونات الأنسولين والجلوكاجون - FSH – LH يساعد على التئام الجروح	ضعف النمو – فقدان الشهية – تآكل الزعانف والجلد – زيادة النفوق – تغير فى تركيز الحديد والنحاس فى أنسجة الجسم.
المنجنيز	منشـط إنزيمى- تركيب العظام وكرات الدم الحمراء – تمثيل الكربوهيدرات	ضعف النمو – فقدان الإتزان – تقزم الجسم – نمو الذيل يكون غـير طبيعـى – زيـادة نسبة الوفيات
النحاس	يدخل فى تركيب إنزيمات الأكسدة – ضرورى لتمثيل الحديد وتكوين الهيموجلوبين وكرات الدم الحمراء – ضرورى لتكوين اللون فى الجسم	ضعف النمو وعتامه فى العين

العنصر	أعراض النقص	الوظائف
الكوبلت	ضـــرورى لتكوين كرات الدم الحمراء والمحافظة علـــى الخلايا العصبية — ينشط بعض الإنزيمات المحللة للبيدات — يدخل فى تكوين فيتامين ب١٢ — يدخل فى تكوين هرمونات الغدة الدرقية	ضعف النمو — الأنيميا
اليود	يدخل فى تكوين هرمونات الغدة الدرقية	تضـــخم فى الغـــدة الدرقـــية وجحوظ الأعين — زيادة نسبة النفوق — تشوهات فى الجسم — الأنيميا وعتامة العين
السيلينيوم	مكون أساسى لبعض الإنزيمات — المحافظة على أغشية الخلية ويلعب دور هام فى إمتصاص فيتامين هـــ	زيادة النفوق — تشوهات بالجسم — الأنيميا
الكروم	منشـــط لوظيفـــية الأنســـولين- هام فى تمثيل الكـــربوهيدرات — هام فى تمثيل الكوليسترول والأحماض الأمينية	ضـــعف الـــنمو — النفوق — تشوهات فى الجسم

سابعاً: العناصر الغير غذائية في علائق الأسماك

Non nutrient Diet Components

أ. د / طارق محمد يونس

بالإضافة الى عناصر الغذاء الأساسية فإن الأغذية قد تحتوى على العديد من المواد العضوية والغير عضوية والتي يكون لها أثر مفيد – ضار أو قد لا يكون لها أى أثر على النمو أو صحة الأسماك أو على جودتها واستساغتها بعد الإعداد أو التصنيع . هذه المواد قد تكون طبيعية و تنتج اثناء التغيرات الكيميائية او النمو الميكروبي أو يتم اضافتها .

المواد الضارة :

١ – المواد الضارة النباتية Plant Toxins

العديد من مكونات النباتات يكون لها تأثيرات ضارة على إنتاجية حيوانات المزرعة ، هذه المكونات تتواجد فى الأوراق أو البذور في كل النباتات المستخدمة تقريبا في التغذية العملية .

ويمكن تقسيم هذه المواد الى مجموعتين رئيسيتين هما :

أ- **مجموعة المواد التي تتأثر بالحرارة Heat labile group** وتشتمل على lectins – المواد المثبطة للأنزيمات المحللة للبروتينات Proteinase inhibtors - cyanogens وجميعها حساسة لدرجات الحرارة المستخدمة أثناء عمليات التصنيع .

ب- **مجموعة المواد التي لا تتأثر بالحرارة Heat stable group** وتشتمل على العديد من المواد الصابونية Saponins– الجوسيبول

Gossypol الجلوكوزينولات Glucosinolate - الألكالويدات

Quinolizidine alkaloids التانينات Condensed tanning

الميموسين Mimosine

اولاً: المواد التى تتأثر بالحرارة :-

١- اللاكتينات Lectins

عـــبارة عن بروتينات لها القدرة علي تكسير الطبقة المخاطية للأمعاء. بعكـــس بـــروتينات الغـــذاء الاخرى نجد أن اللاكتينات تقاوم فعل الانزيمات الهاضمة. لذلك نجدها في روث الحيوانات المغذاه علي علائق تحتوى العديد من البقوليات.

من أمثلة اللاكتينات التى لها تأثير ضار قوي مادة Concanavalin A والموجودة في الـــ Jack bean حيث تعمل علي انفصال الغشاء السطحي للأمعاء Brush-border membrames وتخفض ارتفاع الحلمات وبالتالي تقلـــل من سطح الامتصاص في الامعاء الدقيقة توجد اللاكتينات في العديد من مصـــادر البقولـــيات الاخـــرى مـــثل winged bean وفول الصويا. بعض اللاكتيـــنات الاخـــرى تؤثر على طبقة lamina proparia للامعاء وتكون النتيجة النهائية انخفاض امتصاص العناصر الغذائية .

٢- المواد المثبطة للأنزيمات المحللة للبروتينات

Proteinase inhibitors

عـــبارة عـــن مجموعة البروتينات التي تتفاعل مع العديد من الانزيمات المحللة للبروتينات في القناة الهضمية ومن أمثلتها مثبطات أنزيم التربسين الموجودة في فـــول الصويا والتي لها تأثير محدد لقيمته الغذائية. مثبطات الانزيمات المحللة

للبروتينات توجد ايضا في العديد من البذور البقولية الأخرى مثل winged Field beans - pigon pea -beans cow pea

النتيجة النهائية لوجود هذه المواد في الأغذية هي انخفاض معدل هضم البروتين وزيادة الفقد الداخلي endogenous loss للأحماض الأمينية وبالتالي انخفاض انتاجية الحيوان .

مضادات الأنزيمات الهاضمة للبروتين Antiproteases

حبوب البقوليات الغير معاملة حراريا وخاصة فول الصويا تحتوى على نوعين من البروتين والتي تتحد مع انزيمات التربسين والكيموتربسين المفرزة من البنكرياس والأمعاء وتثبيطها مما يخفض هذا البروتين معنويا ومن معدل النمو في الحيوانات وحيدة المعدة . بالاضافة الى ذلك لوحظ تضخم البنكرياس وزيادة افرازاته ، ومن ناحية أخرى نجد أن المعاملة الحرارية لكسب فول الصويا تخفض من نشاط مثبطات البروتين وزيادة معدل النمو في اسماك التروت والقراميط مقارنة بتلك المغذاة على الكسب الغير معامل .

٣- Antigenic proteins

بعض البروتينات الموجودة في بذور البقوليات لها القدرة على الانتقال في صورها الأصلية خلال النسيج الطلائي للطبقة المخاطية للأمعاء لتنبه العديد من التفاعلات المناعية بالاضافة الى اتلاف الأمعاء . من هذه المواد الـ glycinin الموجودة في فول الصويا . تتميز هذه المواد بقدرها على مقاومة عمليات الدنترة denaturation بالمعاملات الحرارية العادية أو بفعل الأنزيمات في القناة الهضمية .

٤ – السيانوجين Cyanogens

تنتشـــر الســـيانوجينات في النباتات ، ومن أمثلتها مادة **dhurrin** الموجودة في السـورجام ومـــادة **linamarin** الموجـــودة في الكاســـافا وبذور الكتان . السـيانوجينات عبارة عن جلوكوزيدات والتي تنتج مادة السيانيد HCN التي تؤثـــر على وظيفة الجهاز العصبي – التنفسي والدوري. كذلك لوحظ انخفاض قيمة الطاقة الممثلة للدواجن المغذاة على مسحوق جذور الكاسافا الغير معامل.

ثانياً: المواد التي لاتتأثر بالحرارة :–

١ – Condensed tannins

وتنتمـــي التانيـــنات الى مجموعة من المركبات الفينولية التي يزيد وزنها الجزئـــي عـــن ٥٠٠ دالـــتون ، التانينات المتكثفة هي مجموعة مشتقة من هذه المجموعة الرئيسية وتنتشر في البقوليـــات (الأوراق – البذور) .

وجـــود هذه المواد في أغذية المجترات (الابقار – الاغنام) بتركيزات عاليـــة (١٠٠ – ١٢٠ جم/كجم من المادة الجافة البقولية) يؤثر على وظيفة الكـــرش وانخفـــاض معـــدل استهلاك الغذاء – الزيادة في وزن الجسم – نمو الصـــوف في الأغـــنام . مـــن ناحـــية أخرى نجد أن وجود التانينات المتكثفة بمستويات متوسطة (٣٠–٤٠جم /كجم المادة الجافة للبقوليات) قد يكون لها ميـــزة غذائـــية حيث تعمل على زيادة البروتين الذي ينتقل مباشرة الى الأمعاء by pass protein وانخفاض معدل حدوث الانتفاخ **bloat** في الأبقار.

٢ – الألكالويدات Quinolizidine allkaloids

مـــن هـــذه المـــواد الـــ lupinine – sparteine –lupanine الموجـــودة في الترمس ، السلالات ذات الطعم المر تحتوى نسبيا على تركيزات عالية من الألكالويدات مما يجعلها غير مناسبة في تغذية الحيوان لتأثيرها العكسي على استهلاك الغذاء . بالاضافة الى ذلك نجد أن الأبقار التي تتغذى على بعض اجناس الترمس اثناء الحمل قد تنتج عجول مشوهة .

٣– الجلوكوزينولات Glucosinolates

هي مجموعة من الجلوكوزيدات التي تتواجد في بعض النباتات مثل اللفت والتي ينتج عن نزع الجلوكوز فيها بواسطة الانزيمات النباتية او الميكروبية لإنتاج مجموعة من المواد التي تتكسر مرة اخرى لتنتج العديد من المواد السامة والتي تعمل على خفض معدل isothiocyanates – nitriles مثل استهلال الغذاء وزيادة حجم الغدة الدرقية خاصة في الحيوانات وحيدة المعدة .

٤– الجوسيبول وحامض Cyclopropionic

يوجد الجوسيبول في الغدد الصبغية في معظم اصناف القطن التجارية، الجوســـيبول الحـــر يعتبر متوسط السمية لغير المجترات مما يضع حدود لمعدلات اســـتخدامه في اغذيـــة الـــدواجن والاسماك . وجد أن مستوى ٠,٠٣% من الجوســـيبول الحر يخفض معدل النمو وعند مستوى ٠,٠١ % يتسبب في تلف الكـــبد لاسمـــاك التـــروت ، التغذية على ٢٠% أو اكثر من كسب القطن المســـتخلص بالمذيبات في علائق القراميط يسبب سمية الجوسيبول. تعتمد كمية الجوســـيبول الحر في كسب القطن على طريقة معاملة البذور وبوجه عام يمكن

القـــول أن النســـبة المئوية للجوسيبول الحر في ثلاث انواع من كسب القطن كانت كالآتي :

١- الأكساب المستخلصة مباشرة بالمذيبات ٠,٢- ٠,٤ %

٢- الاكساب المستخلصة بالضغط ٠,٠٢%

٣- المعاملة بالضغط ثم الاستخلاص بالمذيبات ٠,٠٥%

وقد وجد أن اضافة ٠,٨٥ الى ١,٠ جزء من كبريتات النحاس لكل جـــزء مـــن الجوســـيبول الحر في علائق الدواجن ينجح في تثبيط التأثير السام للجوسيبلول مثل Cyclopropionic. كل اصناف بذور القطن تحتوى على احمـــاض دهنـــية حلقية والتي لها العديد من التأثيرات الغير مرغوبة في الطيور والثدييات والاسماك .

ومـــن الآثار الضارة للجوسيبول زيادة الأحماض الدهنية الحرة في دهن الجســـم وتـــأخير البلوغ الجنسي في الفئران – زيادة مستوى الكوليسترول – انســـداد الشـــرايين وتحطـــم الكبد في الأرانب ، تحطم الكبد ، زيادة ترسيب الجلوكوجين وارتفاع مستويات الأحماض الدهنية المشبعة في دهن اسماك التروت

٥- المواد الصابونية Saponins

تنقسم المواد الصابونية الى مجموعتين :

١- الصـــابونيات الإســـترادیولية Steriodal saponins والـــتي تـــتواجد كجلوكـــوزيدات glycosides في العديـــد من نباتات المراعى مثل اجناس Brachiaria decumbens and panicum

٢- Tritespenoid saponins والـــتي تـــتواجد في فول الصويا والبرسيم الحجازي .

٦- حامض الفيتيك :

حامض الفيتيك الذي يوجد في معظم مواد العلف النباتية هو عبارة عن استر سداسي حامض الفوسفوريك المركب انيوسيتول Inostol . وهو يتواجد كأملاح للكلسيوم - الماغنسيوم وغيرها من الكاتيونات الثنائية. تقريبا من ٦٠ -٧٠% مـــن الفوسفور الموجود في مواد العلف النباتية عبارة عن حمض فيتيك وبالتالي فهو غير متاح بيولوجيا للاسماك. هذه الحقيقة عادة ما تؤخذ في الاعتبار عـــند حســـاب التوصيات الغذائية من الفوسفور في أغذية الاسماك. وفي أحد الدراسات وجد أن اسماك القراميط المغذاة على علائق تعتمد اساسا على كسب فول الصويا كمصدر للبروتين وتحتوى على ١,١ % حامض فيتيك تحتاج الى اضافة ١٠٠ملجم زنك (فوق الاحتياجات الطبيعية) . وفي دراسة أخرى على اسماك التروت وجد أن حامض الفيتيك يخفض من كفاءة هضم البروتين .

٢- السموم الميكروبية Microbial Toxins

مـــن أمثلتها السموم الفطرية Mycotoxins وهى عبارة عن نواتج تمثيلـــية للفطـــريات السامة ، ومن هذه الفطريات ثلاث مجموعات عامة هي الاســـراجيلس Aspergillus - البنســـيلوم Penicillium الفـــوزاريم Fusarium . هذه الفطريات موجودة بصفة عامة ولكنها تنمو وتنتج سمومها تحت ظروف معينة تشتمل على وجود المادة البادئة المناسبة (الكربوهيدرات).

لا يقل مستوى الرطوبة في المادة البادئة عن ١٤% (رطوبة نسبية) - توافر درجة حرارة مناسبة (تختلف طبقا لنوع الفطر) - والاكسجين. والسموم الفطرية عادة ما تنتج في خامات الأعلاف قبيل الحصاد ويمكن إنتاجها أيضا في خامات الأعلاف أو العلائق الكاملة اثناء التخزين الغير جيد.

جـــدول (٢-١٢): يوضـــح مصادر وتركيزات بعض المكونات الضارة فى الأعلاف

اسم المادة الضارة	المصدر الرئيسي	التركيز
اللاكتينات Lectins	Jack bean	٧٣ وحدة /ملجم بروتين
	Winged beans	٤٠-٣٢٠وحدة/ملجم
	Lima beans	٥٩ وحدة /ملجم بروتين
مثبطات أنزيم التربسين (Trypsin inhibitors)	فول الصويا	٨٨ وحدة /ملجم
Antigenic proteins	فول الصويا	-
السيانوجين Cyanogens	جذور الكاسافا	١٨٦ملجمHCN /كجم
التانينات المتكثفة (Condensed tannins)	الاكاسيا	٦٥ جم/كجم
	اللوتيس	٣٠-٤٠ جم/كجم
الألكالويدات (Quinolizidinealkaloids)	الترمس	١٠-٢٠جم/كجم
الجلوكوزينيولات Glucosinolates	الشلجم	١٠٠ملمول/كجم
الجوسيبول Gossypol	بذور القطن	٠,٦-١٢جم/كجم
الصابونية Saponins		٤٠-٦٠ جم/كجم
5-metlyl sulphoxide		١٤٥جم/كجم بذور
ميموسين Mimosine		٢٥جم/كجم اوراق
الاستيروجين النباتي Phyto-oestrogens	البرســيم — فول الصويا	

أ- الأفلاتوكسينات :

هـي مجموعة من نواتج التمثيل لفطريات جنس اسبراجلس ولها أهمية كـبيرة في تغذيـة الحيوان نظرا لخصائصها كمواد سامة مسرطنة بالاضافة الى انتشار وجودها. ومن الاعراض الشائعة لوجودها في أغذية حيوانات المزرعة : بطـىء النـمو - تلف الكبد - عدم تجلط الدم - انخفاض الاستجابة المناعية وزيادة النفوق .

تعتـبر اسمـاك التروت Rainbow trout واحدة من أكثر الكائنات حساسية لسموم هذه المجموعة مقارنة بالحيوانات الأخرى ، حيث نجد أن اقل مـن ١ ميكروجرام / كجم من الغذاء تحدث اورام بالكبد في هذا النوع من الأسماك. وفترة نصف العمر $LD_{0.5}$ (الجرعة التي يموت عندها ٥٠% من الأفـراد) في اسماك التروت وزن ٥٠جم هي ٠,٥ - ١,٠ ملليجم/كجم من الغذاء. اعراض السمية الحادة بالأفلاتوكسينات في اسماك التروت تشتمل على تلـف الكـبد - تلـون الخياشيم بلون باهت - وانخفاض تركيز خلايا الدم الحمراء، ويلاحظ ان اسماك المياه الدافئة اقل حساسية للتسمم حيث تتراوح فترة نصف العمر في اسماك القراميط بحوالى ٣٠ مرة عن تلك المقررة للتروت.

عملـيا نجـد أن العديد من مواد العلف المستخدمة في تغذية الأسماك والحـيوان مثل الأذرة - كسب القطن - كسب الفول السوداني في الغالب ملـوثة بالأفلاتوكسـينات ، فعلـى سبيل المثال وجد في أحد الدراسات التي اجـريت على ١٨٦٨ عينة من الأذرة التي تم جمعها من الجزء الجنوب الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية أن ٢٧% من العينات يحتوى على اكثر من ٤٠٠ ميكروجرام /كجم ، ٢٤% من العينات يحوى على ١٠٠-٤٠٠ ميكروجرام /

كجم وأن ٢٥% من العينات يحتوى على اقل من ٢٠ ميكروجرام /كجم والتي تعتبر الحد الأعلى المسموح به بواسطة هيئة الغذاء والدواء الأمريكية FDA .

ب- الفيوزريم Fusarium

مـــن امثلتها الزيرالينون Tricothecenes الزيرالينونات هي مجموعة مـــن نـــواتج التمثـــيل الايستروجينية والتي يسبب بعضها مشاكل تناسلية في حـــيوانات المـــزرعة المغذاة على علائق تحتوى على ٠,٦-٥ مللجم/كجم من الغذاء. أما مجموعة Tricothecenes فعادة ما تتواجد في الأذرة اثناء عمليات التخـــزين عند تذبذب درجة الحرارة بين الدفء والبرودة مع الرطوبة العالية. ومن أعراض السمية في الحيوانات والدوجن نقص النمو – نقص تكوين كرت الدم الحمراء – عدم تجلط الدم – انخفاض الاستجابة المناعية والنفوق .

جـــ- الأوكراتوكسينات :

تفرز هذه المجموعة بواسطة اجناس فطر الاسبراجلس وفطر البنسليوم ، وتتميـــزبتأثيرها علـــى الكلى فتبدو الكلي باهتة اللون ومنتفخة ويحدث فشل كلوي في الفئران. تقدر الجرعة المطلوبة لنفوق نصف عدد الافراد LD 0.05 في اسمـــاك التروت بحوالى ٤,٧ ملجم/كجم. والأعراض المرضية التي تظهرعلى اسمـــاك التروت المغذاة على الأوكراتوكسين أ تشتمل على وجود تكرز شديد بأنسجة الكبد والكى – تضخم الكبد والكلى وظهورهم بلون باهت.

د- السموم الميكروبية الأخرى :

هـــناك العديـــد من السموم الفطرية مثل حمض Cyclopiazonic الفوميتوكســـين Vomitoxin– الســـيترين Citrinin وهـــذه المجموعة تم

التعـــرف علـــى تأثيرهـــا في الحيوانات وليس الأسماك ، كذلك نجد أن بعض الفطريات والبكتريا يمكنها تكسير العناصر الغذائية الموجودة في الأغذية ، ومن امـــثلة ذلـــك البكتـــريا من جنس Pseadomonas والفطريات من جنس اسبراجلس التي يمكنها فصل حامض الجلوتاميك من حامض Pteroic الموجود في حامض الفوليك مما يتسبب في ظهور امراض نقص حمض الفوليك .

٣- مواد تنتج خلال عمليات تصنيع مواد العلف :-

أ- الهستامين

هـــذه بعض المواد متوسطة السمية التي وجدت في مساحيق الأسماك. الهســـتامين عبارة عن ptomaine ينتج عن عمليات نزع مجموعات الأمين deamination للحـــامض الأمـــيني الهستيدين. هذا المركب ينتج اثناء تحلل الاسماك المخزنة بطريقة غير سليمة قبل تحويلها الى مساحيق اسماك ، توجد هذه المواد بتركيزات عالية في المساحيق الناتجة من تصنيع اللحوم الداكنة اللون اكثر مـــنه في اللحـــوم الفاتحة اللون ، استخدام علائق تحتوى على نسبة عالية من الهستامين يؤدي الى خفض معدل النمو .

ب- مركب الـــ Gizzerosine

تم حديثا فصل مركب Gizzerosine

2-Amino-9- (4-imidazoly) Y-ozanon anoic acid

من مسحوق السمك ، وتم توصيفه كمركب مسبب لتآكل القونصة في دجاج التسمين المغذى على علائق تحتوى على مساحيق اسماك معاملة حراريا بدرجات حرارة عالية ، هذا المركب ينتج بفعل الهستدين الحر وبعض الروابط الجانبية في البروتين ، وهذا التفاعل يزداد بالتسخين. المادة السامة تتوافر في البروتين وليس

في أحـــد مشـــتقات الهســـتدين الحر. بالرغم من أن كل من الهستامين وال Gizzerosine ينـــتجان من الحامض الأميني الهستدين إلا أن الأول ينتج من التحلل الذاتي أو فعل الأنزيمات الميكروبية فإن الثاني ينتج من التفاعلات الناتجة عن المعاملات الحرارية العالية .

بالـــرغم مـــن أن مركب Gizzerosine لم يبحث كمادة سامة في أغذية الاسماك ولكن من المحتمل أن يكون كذلك .

٤- مكونات علفية ضارة :-

أ- زيت السمك المؤكسد Oxidized Fish oil

تحتوى زيوت الأسماك البحرية على ٢٠-٢٥ % من الأحماض الدهنية الغير مشبعة. الأكسدة الذاتية للأحماض الدهنية الغير مشبعة تنتج عدد كبير من الشوارد الحرة Free radical ومركبات بيروكسيدية والتي تعتبر مواد نشطة قابلة للأكسدة . هذه المواد قد تتفاعل مع مكونات العليقة الأخرى وتخفض من قيمـــتها الغذائية أو بعد تناولها تتفاعل مع الفوسفولبيدات الحساسة للأكسدة الموجودة في الأغشية الخلوية وتؤدي الى تلف تلك الاغشية.

التغذية على زيت الأسماك المؤكسدة تتسبب في انخفاض معدل النمو — الانيمـــيا —إضـــمحلال فى العضـــلات وظهور بثرات في كبد الاسماك. زيادة تركيزات فيتامين هـــ في العلائق يقلل من حدة تلك التأثيرات الضارة.

ب- الألياف

الألـــياف مـــركبات كيميائـــية خاصة ولكنها خليط من اللجنين — الســـليلولدز — الهيمـــي سليلولوز — البنتوزان وبعض المكونات الأخرى والتي

تتميـــز عامـــة بأنها غير مهضومة في الحيوانات وحيدة المعدة والأسماك . ليس للألياف قيمة وظيفية في أغذية الاسماك فيما عدا تأثيرها في تنظيم حركة الغذاء خلال القناة الهضمية. أن نسبة الالياف في الغذاء على اداء الاسماك غير محدد في حـــين اظهـــرت أحـــد الدرسات زيادة معدل النمو في اسماك القرموط بزيادة مســـتوى الألياف في الغذاء من صفر – ٢١% في العلائق النقية . ومن المحتمل أن يعـــود ذلك الى خفض معدل مرور الغذاء في القناة الهضمية وبالتالي زيادة معدل الهضم. نجد في دراسة أخرى أن زيادة نسبة الألياف في العلائق التجارية عن ٢,٨% لم يكن له أى تأثير وأن زيادة نسبتها عن ١٤% يخفض من معدل النمو.

Thiaminasis

أنســـجة معظم اسماك المياه العذبة وبعض أجناس اسماك المياه المالحة تحتوى علـــى أنـــزيم يمكنه من تحليل الثيامين. هذا الانزيم حساس للحرارة ويمكن تثبيطه بالمعاملة بالحرارة للحوم الأسماك قبل تناولها. الثيامين في أغذية الأسماك يتكسر فقط بعـــد تلامســـها مع انزيم الثيامينازلفترة قبل تناولها. منتجات الأسماك الخام يمكن تغذيـــتها للأسمـــاك اذا قدم مصدر منفصل للثامين في الغذاء وإلا فإنه يجب المعاملة الحرارية لمنتجات الأسماك قبل التغذية عليها.

جـــ– الملوثات :

وهـــذه تشتمل على العناصر المعدنية الثقيلة ، المبيدات ، الكيماويات الصـــناعية الـــتي تـــدخل الى الاعلاف او مكوناتها اثناء الانتاج – التصنيع – التخزين . ومن الأمثلة على ذلك م.السمك المحتوى علي نسبة عالية من الزئبق ، المنـــتجات النباتـــية المحتوية على متبقيات المبيدات المستخدمة اثناء الزراعة او

التخـــزين، زيادة تركيز العناصر المعدنية النادرة أو الأدوية المضافة للأعلاف. و يوضح جدول (٢-١٣) التركيزات المسموح بها بواسطة FDA للمواد السامة – الضارة في أغذية الأسماك.

جدول (٢-١٣): التركيزات المسموح بها بواسطة FDA للمواد السامة – الضارة في اغذية الاسماك.

الملوثات	الكمية (ملجم/كجم)
Aflatoxin	0.02
Aldrin and Dieldrin	0.03
Benzene Hexachloride(BHC)	0.1
Chlorodane	0.1
Dibromochloropropane(DBCP)	0.05
DDT,DDE,and IDE	0.5
Endrine	0.03
Heptachlor and Heptachlor Epoxide	0.03
Kelthane	0.5
Lindane	0.1
Toxaphene	0.5

اضافات الأغذية :

١- الهرمونات :

التنظـــيم الهرموني للتطور الجنسي مهم عندما يكون مرغوب في تربية الأسمـــاك وحـــيدة الجنس في الاستزراع السمكي وذلك لمنع تعدد الأعمار في الحـــوض الـــواحد او لزيادة معدل النمو. اضافة الاستيرودات الذكرية مثل، ethyltestosterone ، methyltestosterone الى العلائـــق بمعدل ٣٠-٦٠ ملجـــم/كجم كغذاء اولي ليرقات البلطي مع استمرار ذلك لمدة ١٤-٢١ يوم يؤدي الى تحول ٩٠-١٠٠% من الإناث الى ذكور . هذه الطريقة لتحويل

الجنس في اسماك البلطي تمارس تجاريا في العديد من الدول. كذلك وجد أن تغذية يرقات التروت والسالمون على تركيزات منخفضة من 17- β methyltestosterone لمدة ٣ شهور أدى الى التحول الكامل للإناث الى ذكور من ناحية اخرى ادى تغذية يرقات القراميط على الاستيرويدات الذكرية الى تحول اليرقات مثلها الى اناث ويعزي ذلك الى تحول الاستريدات الذكرية 17 β methyltestosterone انزيمياً الى مركبات لها خصائص استروجينية في الاسماك . تغذية الاسترويدات الايستروجينية diethystilhesterol , ethynlestradiol ليرقات البلطي 17 β estradiols ليرقات السالمون تسبب تحول كل الأسماك الى اناث. ومن المواد الاخرى التي أدت الى زيادة معدل النمو لأسماك السالمون عند التغذية على مستويات منخفضة منها مثل 11-ketotestosterone , oxymethelone testosterone ., التغذية على مستويات منخفضة من الهرمونات الذكرية ايضا تزيد من معدل النمو في اسماك المبروك – ثعبان السمك ولا يحدث ذلك في القراميط.

الهرمونات الأنثوية ليس لها نفس التأثير المحسن على معدل النمو مثل الهرمونات الذكرية في اسماك السالمون حيث نجد أن تغذية اسماك السالمون على علائق تحتوى على هرمونات استيرويدية بمعدلات اكبر من ١٠ ملجم/كجم أو اسماك القراميط على مستويات اقل من ٢ ملجم/كجم أدت الى خفض النمو – اضمحلال انسجة الغدد الجنسية الذكرية وحدوث تشوه فى الهيكل العظمى.

المواد الرابطة Pellet Binders

أغذية الأسماك المكعبة بواسطة البخار عادة ما يضاف اليها بعض المواد الرابطة لتحسين درجة ثباتها في الماء . من المواد العضوية التي استخدمت بنجاح كمواد رابطة كربوكسي مثيل سليلوديز – صمغ الجوار – الاجار – حامض الالجينيك ، الا انه مايحد من استخدام تلك المواد تجاريا هو ارتفاع اسعارها. من المواد الرابطة التجارية المستخدمة الهيمي سليلولوز – المولاس – سلفونات اللجنين وهى نسبيا غير مكلفة ومناسبة لأغذية الأسماك التي تستهلك خلال ٣٠ دقيقة بعد اضافتها الى الأحواض لتغذية الأسماك عليها.

بعض المواد الرابطة الغير عضوية منها بنتونات الصوديوم والكالسيوم أو سليكا الألومنيوم تعتبر أقل كفاءة من المواد العضوية الرابطة للأغذية التى تضاف للمياه .

النشـــا المطـــبوخ المستخدم بمعدل اكثر من ١٠% من العلائق يعتبر مادة رابطـــة جـــيدة وايضا كمصدر للطاقة ومع ذلك يمتص النشا الماء المادة بسهولة مما يتسبب في انحلال الاعلاف المكبوسة بعد فترة قصيرة في الماء. ويوضح الجدول (٢-١٤) بعض المواد الرابطة المستخدمة تجاريا

المضادات الحيوية :

هناك ثلاثة انواع من المضادات الحيوية التي عادة ما تستخدم في تغذية الأسماك للعلاج –من الأمراض هي Romet-30 ، (Sulfadimethoxine + ormetoprim) ، Sulfamerazine ، Terramycin. بالـــرغم من أن المضادات الحيوية عادة ما تستخدم بتركيزات أقـــل من المستويات العلاجية في أغذية الدواجن والحيوانات كمشجعات للنمو

فإنـــه لم يلاحظ أى ميزة عند استخدام الاكوسي تيتراسيكلين والسلفوناميد في اغذيـــة اسمـــاك السامون ، من ناحية أخرى فقد وجد أن المستوى الأقل من المستوى العلاجي من مادة الفيورازوليدون (٠,٠١%) أدى الى تحسين النمو وكفـــاءة تحويل الغذاء في اسماك red sea bream ، دنيس البحر الأحمر — وجدول (٢-١٥) يبين انواع المضادات الحيوية المستخدمة كإضافات فى علائق الأسماك .

الجدول (٢-١٤): بعض المواد الرابطة المستخدمة تجاريا

كربوكس ميثيل سليلوز	**٠,٢-٠,٥ %**	**ثابتة،التركيزات الاكبر من ٠,٥ % تؤثر على الاستسز – مكلفة**
الأجينات	٠,٣-٠,٨ %	
بولي فينيل كاربأميد	٠,٥-٠,٨ %	
صمغ الجوار	١-٢%	
الهيمي سيليلوز	٢-٣%	
سلفونات اللجنين	٣-٤%	
المولاس	٢-٣%	
الشرش	١-٣%	
النشا المطبوخ	١٠-٢٠%	
جلاتين القمح	٢-٤%	

المواد الجاذبة Attractants

عـــبارة عن مواد قد يكون لها قيمة غذائية أو لا يكون لها قيمة غذائية وتضاف الى علائق الاسماك كمواد جاذبة او لتحسين استساغة الغذاء من هذه المـــواد علـــى سبيل المثال يستخدم مستخلص او مسحوق السبيط Squid ، مســـحوق رؤوس الجمبري لتحسين مدى قبول الأغذية لبعض أنواع الجمبرى مثل penaied shrinp. كذلك يعتبر مسحوق السمك مادة جاذبة في العديد مـــن علائـــق الأسماك . بعض المركبات الكيميائية مثل الاحماض الأمينية الحرة تعمل كمنبهات لحواس الشم والتذوق .

جدول (٢-١٥): المضادات الحيوية المصرح باستخدامها في علائق الأسماك (الولايات المتحدة)

اسم المنتج	الاستخدام	الجرعة
(ســـلفاواى ميزوكسين + أورميتوبريم)	مضـــاد للبكتريا ويجب رفعه من علائق الأسماك قبل الصيد بـــ ٢١ يوم لأسماك السالمون ، ٣ ايام لأسماك القراميط	٥ ملجـــم /كجـــم مـــن الأسماك /يوم لمدة ٥ ايام
سلفا ميرازين	مضـــاد للبكتريا – يرفع من العلـــف قبل الصيد بـــ ٢١ يوم	٢٢ ملجم/١٠٠جم وزن جم / يوم لمدة ١٤ يوم .
تيراميسين	مضـــاد للبكتريا – يرفع من العلـــف قبل الصيد ب ٢١ يوم	٥,٥ – ٨,٢٥ ملجـــم / ١٠٠جم وزن الجسم /يوم لمدة ١٠ ايام

مضادات الأكسدة Antioxdant

أكســـدة الدهون الموجودة في الأعلاف أو موادها يمكن ان تتسبب في تكوين نواتج الأكسدة pro-oxidative السامة للأسماك خاصة في حالة نقص تركيـــز فيـــتامين هـــ او السيلينيوم للمحافظة على العناصر الغذائية الحساسة للأكســـدة ومنع تكون المركبات السامة يجب اضافة بعض مضادات الأكسدة الصناعية أو زيادة تركيز العناصر الطبيعية المضادة للأكسدة مثل فيتامين هـــ في أغذية الأسماك.

من المواد الصناعية المستخدمة كمضادت للأكسدة

، BHA (butylated hydroxanisole)
BHT (butylated hyolroxytoluene)

المســـتويات العلـــيا المسموح بها بواسطة FDA هيئة الغذاء والدواء الأمـــريكية هـــو ٠,٠٢%مـــن محتوى الدهن لمادة BHA , BHT ، ١٥٠ ملجم/كجم من الغذاء للأيزوكسي كوين .

المواد التي يسمح باستخدامها كمضادات للأكسدة في علائق الاسماك يجب أن يتوافر فيها ما يلي :

١- أن تكون فعالة في حفظ الدهون النباتية والحيوانية والفيتامينات وغيرها ضد الأكسدة .

٢- أن تكون غير سامة للانسان والحيوان .

٣- أن تكون مؤثرة عند تركيزات منخفضة جدا .

٤- أن تكون اقتصادية .

من أكثر المواد الصناعية المستخدمة كمضادات للأكسدة :

BHA (butylated hydroxanisole) Ethoxyquin ,
BHT(butylated hydroxytolune.

المســتويات العلــيا المســموح بها بواسطة هيئة الغذاء والدواء الأمريكية FDH هــي ٠,٠٢% مــن محتوى الدهن لمادتى BHA ،BHT ١٥٠ملجم /كجم من الغذاء كمادة الايزوكسي كوين Ethoxyquin.

الباب الثالث

مصادر الغذاء ومواد العلف المستخدمة فى تكوين علائق الأسماك

أ.د/ نبيل فهمى عبدالحكيم د/ عبدالوهاب عبدالمعز عبدالوارث

المصدر الأول: مصادر العلف البروتينية Protein Sources

الهدف الأساسى للاستزراع السمكى بجميع أشكاله هو تحويل البروتين المأكول بواسطة الأسماك الى بروتين سمكى بكفاءة عالية. حتى وقت قريب كان الاتجاه فى تغذية الأسماك معتمداً على الأعلاف التجارية المصنعة وذلك باستخدام مسحوق السمك كمصدر وحيد للبروتين فى علائق الأسماك. ومع ارتفاع ثمن مسحوق السمك وكذلك صعوبة الحصول عليه فى الكثير من بلدان العالم كان من الضرورى إيجاد مصادر بديله له لاستخدامها فى إنتاج أعلاف الأسماك.

ومصادر البروتين البديلة لمسحوق السمك فى أعلاف الأسماك لابد أن تفى باحتياجات الأسماك وتحل محل غذائها الطبيعى ليس فقط فى الكمية بل أيضا فى النوعية وذلك للحصول على النمو وكفاءة تحويل الغذاء والحالة الصحية الأمثل فى الأسماك المغذاة صناعياً خلال دوره حياتها. بالإضافة الى ذلك فان مصادر البروتينات الغذائية والبديلة لمسحوق السمك لابد وأن تمد الأسماك المغذاة على العلائق المحتوية عليها بالمستويات الكافية من الأحماض الأمينية الضرورية اللازمة لها وذلك حسب متطلبات نوع السمك المستزرع. وهناك اعتبار خاص يجب أن يراعى خاصة بالنسبة لأسعار مصدر البروتين المستخدم وكذلك مدى توافره فى الأسواق وكذلك الاحتفاظ بنوعية بروتين هذا المصدر

خلال فترات التخزين خاصة فى المناطق الحارة ومنع ظهور أى مواد سامة ترتبط بظروف التخزين فى هذه المناطق.

وتنقسم مصادر البروتين العلفية المستخدمة فى تغذية الأسماك الى:

١- النواتج الثانوية الزراعية من المصادر النباتية وحبوب البقوليات.

٢- المصادر الحيوانية.

٣- المخلفات الصناعية.

وسوف نناقش أهمية وفائدة كل مجموعة فى تغذية الأسماك فى الجزء التالى.

أولا: البروتينيات النباتية المصدر Plant proteins

وتتضمن مصادر البروتين النباتية ذات الفاعلية كمواد علف فى علائق الأسماك نواتج مصانع الزيوت العرضية، وبعض الحبوب والبقوليات والطحالب عديدة الخلايا وكذلك بعض مصادر البروتين وحيد الخلية والبكتريا والخمائر. وعموما فانه لا يمكن لبروتين واحد نباتى المصدر أن يكون بديلا لمسحوق الأسماك فى الأعلاف الصناعية للأسماك حيث أن معظم البروتينيات نباتية المصدر لا تحتوى على كل الأحماض الأمينية الضرورية Essential amino acids التى تغطى احتياجات الأسماك. وتعتبر عملية استكمال النقص فى الأحماض الأمينية الضرورية فى البروتينيات الفقيرة منها نباتية المصدر بواسطة تلك المصنعة مازالت قيد البحث والتجريب وتشير النتائج الأولية على سبيل المثال أن البلطى يستطيع الاستفادة من الأحماض الأمينية المخلقة صناعيا. أما الطريق البديل لإستكمال احتياجات الأسماك من الأحماض الأمينية الضرورية من المصادر العلفية النباتية فى علائق الأسماك هو استخدام أكثر من مصدر بروتينى نباتى بحيث يستكمل النقص فى أحد هذه الأحماض

الأمينية الموجودة فى بروتين معين من خلال المصدر النباتى الأخر وهو ما يطلق عليه الفعل التكاملى للبروتين.

(أ) أكساب البذور الزيتية : Oil seed meals

وهي عبارة عن الإكساب الباقية بعد عصر واستخلاص معظم الزيوت الموجـــودة فى البذور الزيتية وهذه الإكساب تعتبر من المواد الواعدة والتى يمكن إحلالهـــا محـــل مسحوق الأسماك فى علائق الأسماك التجارية مقارنة ببقية مصادر الـــبروتين النباتى الأخرى. معظم هذه الإكساب تأتى من بذور اصلها من المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية وهى غنية فى محتواها من البروتين حيث تحتوى على ٢٠ -٥٠% بـــروتين وهـــى تتضـــمن إكســـاب فول الصويا soybean القطن cotton seed الفـــول الســـودانى groundnut والشلجم rapeseed عباد الشـــمس sunflower والسمســـم sesame وجوز الهند coconut وكذلك نوى البلح palm kernel meal والتحليل الكيميائى لهذه الأكساب قد تختلف باختـــلاف العينات الفردية المأخوذة للتحليل وكذلك تتأثر نسب المكونات ببعض العـــوامل مـــثل نوع البذور وكذلك الظروف الجوية ونوع التربة وطريقة تحضير الكسب وطول مدة التخزين.

١- كسب فول الصويا : Soybean meal

وهـــو مـــن أكثر البروتينيات النباتية المنتشرة والمتاحة للاستخدام فى أعـــلاف الأسماك ويزرع فول الصويا أساساً للحصول منه على الزيت اللازم لغـــذاء الإنسان وبذلك فان الكسب الناتج من مصانع عصره يعتبر ناتج عرض ثانـــوى وبالتالى فان نوعيته تتباين بشكل كبير. وحبوب فول الصويا الكاملة تحتوى على حوالى ٤٠% بروتين وحوالى ١٨% زيت ويمكن استخدام الحبوب

الكاملـــة فى تكوين أعلاف الأسماك وذلك لإمداد العلائق بكميات كافية من الأحماض الدهنية الأساسية أو كمصدر للطاقة لتوفير البروتين الموجود بالعليقة.

وبـــروتين فـــول الصويا يحتوى على جميع الأحماض الأمينية الضرورية مقارنـــة بجمـــيع مصـــادر البروتين النباتية الأخرى ومحتواه من الحمض الأمينى الضـــرورى ليســـين يعتبر عالى. أما محتوى بروتين فول الصويا من الأحماض الأمينية الضرورية مثل السستين وكذلك المثيونين فيعتبر أقل من المستوى الأمثل، حـــيث يعتـــبر المثـــيونين مـــن الأحمـــاض الأمينـــية الضـــرورية والمحـــددة limiting amino acid بالإضـــافة الى ذلـــك فبروتين فول الصويا يعتبر فقير جدا فى محتواه من مجموعة فيتامين ب المركب وبعض العناصر المعدنية التى تتواجد به بمستويات بسيطة جدا مما يتطلب إضافة مجموعة فيتامين ب المركب والعناصـــر المعدنـــية إلـــيه عند استخدامه فى تكوين العلائق أو إمداد العلائق بالـــبروتينيات حيوانية المصدر. بالرغم من ذلك فان فول الصويا يعتبر مصدراً جـــيداً للكالسيوم والفوسفور مقارنة بالحبوب الإضافة الى المحتويات البروتينية لفـــول الصويا فانه يحتوى على بعض العوامل المثبطة للنمو وكذلك بعض المواد الســـامة مثل العامل المثبط لعمل إنزيم التربسين Trypsin inhibitor ويعمل علـــى إيقـــاف عمـــل إنـــزيم التريســـين الهاضم للبروتين، كذلك مركبات الهيماجلوتـــنين Heamaglutinins التى تثبط النمو ولان هذه العوامل تفقد فاعلـــتها وتتكسر بفعل الحرارة فانه من اللازم عند معامله حبوب فول الصويا حـــراريا أن يـــتم ذلـــك بحذر شديد وذلك للحفاظ على محتوى الحبوب من الأحمـــاض الأمينـــية مـــن التحلل والدنترة. بالإضافة الى المواد المثبطة السابقة فحـــبوب فول الصويا تحتوى على بعض السابونين الذى يؤثر على كرات الدم الحمـــراء وكـــذلك بعـــض العـــوامل الـــتى لهـــا علاقة بعمل الغدة الدرقية

Goitrogenic factors والعامـــل المضـــاد لتجلط الدم Anticoagulant factor وبعـــض العوامل المسببة للحساسية وهذه يمكن تلافى فعلها بالمعاملة الحـــرارية لحبوب فول الصويا. وقد قام بعض الباحثين بدراسة ملاءمة كسب فول الصويا لإدخاله كمكون علفى فى علائق الأسماك فوجد أن إحلال كسب فـــول الصويا محل مسحوق السمك فى عليقة البلطى الموزبيقى بمعدل ٢٥% لم يكن له اثر على معدلات نمو هذا النوع من الأسماك. أوضحت الدراسات أيضا أن إحلال كسب فول الصويا كلية محل مسحوق السمك فى علائق اسماك البلطى أدت الى خفض فى معدل النمو يقدر بحوالى ٢٧-٣٣% مقارنة بالعلائق المحتوية على مسحوق السمك فقط كمصدر للبروتين ويرجع الخفض فى معدل النمو إما الى عـــدم كفايـــة الحمض الأمينى مثيونين لتغطية احتياجات الأسماك أو الى أن المعاملـــة الحـــرارية لم تكن كافية للتخلص من العوامل المضادة لإنزيم التربسين وكـــذلك مـــركبات الهيماجلوتونين وجد أيضا أن إحلال كسب فول الصويا بمعـــدل ٧٥% من مسحوق اسماك الهيرنج فى عليقة تحتوى على ٤٠% بروتين مع إضافة الحمض الأمينى مثيونين لم يكن له اثر على أداء النمو فى صغار اسماك البلطى النيلى. وكسب فول الصويا يمكن أن يغطى احتياجات اسماك القراميط من الأحماض الأمينية الأساسية فى حين انه لا يفى احتياجات اسماك التعابين من كـــل مـــن المثيونين والسستين. وقد أشارت نتائج الدراسات أن كسب فول الصويا يمكن استخدامه فى أعلاف الأسماك التالية بالنسب الموضحة:

اسمـــاك التروت: يمكن إحلال بروتين كسب فول الصويا محل ٥-٢٠% من بروتين العلف الكامل.

اسمـــاك المـــبروك: يمكن إحلال بروتين كسب فول الصويا محل٥-١٥% من بروتين العلف الكامل.

القـــرموط : يمكـــن إحلال بروتين كسب فول الصويا محل ٦٠-٧٠% من بروتين العلف الكامل.

البلطى: يمكن إحلال بروتين كسب فول الصويا محل ٢٥% من بروتين العلف الكامل.

اسمـــاك الدنيس والقاروص: يمكن إحلال بروتين كسب فول الصويا محل ١٠% من بروتين العلاف الكامل.

٢- كسب بذره القطن : Cotton seed meal

يعتـــبر بـــروتين بذرة القطن من البروتينات النباتية الجيدة فى نوعيتها بالرغم من احتوائه على كميات قليلة من الحمض الأمينى السستين وهو يشترك فى ذلك مع معظم البذور الزيتية. وتعتمد كميه البروتين الفعلية فى كسب بذرة القطن على طريق تحضيره وإنتاجه بالإضافة الى الاختلافات بين أنواع القطن. محـــتوى بذور القطن من الكالسيوم منخفض وتعتبر بذور القطن مصدراً جيداً للثيامين.

تحـــتوى بذور القطن على حوالى ٠,٠٣ -٠,٢% من صبغة صفراء تعرف بالجوســـيبول وهذا المركب له تأثير مثبط على نشاط الإنزيمات الهاضمة وتحتوى بذور القطـــن أيضـــا على مضاداً طبيعيا للتأكسد Biological anti-oxidant وهو يســـبب نقصـــاً فى الشـــهية فى بعـــض الحيوانات بالإضافة الى انه يسبب الإمساك Constipation . أوضـــحت نـــتائج الدراسات على أن تغذية اسماك البلطى لفترات قصيرة على أعلاف تحتوى على الجوسيبول لم يكن لها أثراً حاداً على

معدلات النمو وحتى الآن لم يحدد اثر التغذية لمدد طويلة على الأعلاف المحتوية على هذا المركب. وجد أيضاً أن تغذية اسماك التروت على أعلاف تحتوى على الجوسيبول لمدد طويلة كان لها أثراً ساماً خاصة على الكلية. عند خروج الجوسيبول من الغدة اللونية لبذره القطن خلال عمليات العصر والمعاملة الميكانيكية فإنه يتفاعل مع مجموعة الأمين للحامض الأميني ليسين وبالتالى تقل كميه الليسين المتاحة. وجد أن استخلاص الزيت من بذور القطن بالمذيبات العضوية يؤدى الى بقاء نسبة كبيرة من الجوسيبول بالغدة وبالتالى تخفض كميه الليسين المتحدة به. أوضحت الدراسات الحديثة أن كسب بذرة القطن يعتبر مادة علف واعدة فى علائق اسماك البلطى حتى لو غذيت عليه بمعدل ١٠٠% كعليقة. وعموما فان ملاءمة كسب بذرة القطن كمادة علف نباتية بروتينية المصدر تعتمد على مستوى الجوسيبول الحر به وكذلك مستوى الليسين المتاح بالإضافة الى طريقة الاستخلاص.

٣- كسب الفول السودانى : Groundnut meal

يحتوى كسب الفول السودانى على حوالى ٤٩% بروتين (٩% زيت) وذلك فى الكسب الناتج من الاستخلاص الميكانيكى للزيت فى حين أن كسب الفول السودانى المستخلص بالمذيبات العضوية يحتوى على ٥٧% من البروتين (١-٢% زيت) - يحتوى كسب الفول السودانى على مستويات أقل من المثلى من كل من السستين والمثيونين ويعتبر الليسين هو الحامض الأميني المحدد به. يحتوى كسب الفول السودانى على كميات بسيطة جدا من الكالسيوم وفيتامين ب١٢ ويعتبر مصدرا جيدا للنياسين. كسب الفول السودانى تحت ظروف التخزين الغير ملائمة يتعرض بسهوله لمهاجمة الفطريات التى تنتج بعض

المركبات السامة. والافلاتوكسينات تعتبر من أخطر التوكسينات التى يمكن أن تـــوجد فى كسب فول السودانى المصاب بالفطر وهى تنتج بواسطة الفطر من النوع اسبرجيللس فلافوس *Aspergillus flavus* مثل هذه السموم لها أثر سام حاد حتى بالتركيزات المنخفضة جدا.

أوضـــحت نـــتائج الدراسات أن معدل النمو النوعى specific growth rate لأسماك البلطى الأوربى المغذاة على أعلاف احتوت على نسبة عالية من كسب الفول الســـودانى كانت أقل بحوالى ٥٨% من تلك المغذاة على علائق احتوت على مســـحوق السمك. وفى تجارب تم إحلال ثلثى بروتين السمك المجفف بكسب الفول السودانى فى علائق البلطى النيلى المحتوية على ٣٠% بروتين خام وجد أن معدل النمو فى الأسماك المغذاة على كسب الفول السودانى مثل فقط ٦٠% من ذلـــك المتحصـــل عليه فى العليقة المحتوية على السمك المجفف. وجد أيضا أن اســـتخدام كســـب الفـــول السودانى المحتوى على مستويات قليلة جدا من الأفلاتوكســـينات يمكن السماح به عند إضافة هذا الكسب الى علائق الأسماك ولكـــن بنسبة بسيطة كمصدر من مصادر البروتين ولكن معدل النمو ينخفض بشكل كبير إذا ما زادت نسبة هذا الكسب فى العلائق وقد اعزى هذا التناقص فى معـــدلات النمو فى العلائق المحتوية على نسبة عالية من هذا الكسب الى انخفاض محتوى العلائق من الحمض الأمينى المثيونين حيث أن المستويات الضئيلة جـــدا من الأفلاتوكسينات لا تؤثر على معدلات النمو خاصة فى حالة التغذية عليها لمدد قصيرة. أوضحت نتائج دراسات حديثه أن إحلال مسحوق الأسماك فى علائـــق البلطـــى النيلى المحتوية على ٤٥% بروتين خام بنسبة ١١% من كسب الفول السودانى ونسبة ١١% من كسب عباد الشمس لم تكن لها أى

أثـــار ســـلبية على أداء النمو أو التحويل الغذائي لهذه الأسماك وكانت قيمها مشابهة لتلك الخاصة بمجاميع المقارنة المغذاة على مسحوق السمك.

٤- كسب الشلجم : Rapeseed meal

من الأصناف الرئيسية للشلجم والتي تزرع على مستوى العالم صنفى *Brassica napus* وكـــذلك *B. campestris* . كسب الشلجم غنى بالـــبروتين حـــيث يصل مستواه فى المادة الجافة للكسب حوالى ٣٥-٤٥% ويحتوى على الأحماض الأمينية التى توجد فى كسب فول الصويا. يحتوى كسب الشلجم على بعض المركبات التى لها اثر سام.

هذه العوامل السامة مصدرها الجلوكوسيدات Glucosides والتى تحول الى الجلوكوسينولات Glucosinolates عند تكسيرها بواسطة إنزيم ميروسيناز Myrosinase أوضحت النتائج أن تغذية اسماك المبروك على علائق بها نسبة عالـــية (٤,٩٣ ملجم/ جم) من الجلوكوسينولات أدت الى انخفاض كبير فى معـــدلات النمو بينما النسبة المنخفضة منها (٠,١٥ ملجم-١) لم يمكن لها أثر على النمو.

وجدت الدراسات أن كسب الشلجم عندما يمثل ٥٠% من البروتين الكلـــى فى علائق البلطى الموزمبيقى يمكنه تحقيق معدلات للنمو جيدة أما عند خلطه بالعلائق ليمثل ٧٥% من البروتين الكلى فإنه يؤدى الى نقصاً معنوياً فى معـــدلات النمو حيث أنه بالرغم من معاملته حرارياً عند الإنتاج التجارى له لتقلـــيل نشاط إنزيم الميروسيناز فان المتبقيات من الجلوكوسينولات فى العليقة الأخـــيرة قدرت بحوالى ٤,٧ ملجم. من ناحية أخرى وجد أن إحلال كسب

الشـــلحم محـــل الســـمك المجفـــف بنســـبة ٨٠% فى العلائق المحتوية على ٣٠ % بروتين أدى الى انخفاض طفيف فى معدلات أداء النمو الأسماك البلطى الموزمبيقى مقارناً بعلائق الكنترول المحتوية على السمك المجفف، إلا انه بالرغم مـــن عـــدم تقدير محتوى العليقة السابقة من الجلوكوسينولات إلا أن أداء عند الأسمـــاك كـــان اقل معنويا من ذلك الذى تم التحصل علية باستخدام أعلاف تحـــتوى علـــى كســـب الشلجم المنتج من الأصناف الكندية التى تحتوى على كميات أقل من الجلوكوسينولات من الأصناف المزرعة فى المناطق الاستوائية. وعموماً فان كسب الشلجم يعتبر مادة علف بروتينية واعده بدلا من السمك المجفف إذا ما أزيلت منها المواد السامة وابطل فعلها.

٥- كسب عباد الشمس : Sunflower seed meal

يـــتوقف التركيب الكيميائى لكسب عباد الشمس على نوعية البذور الخام وكـــذلك طـــريقة التحضير ويوجد بالأسواق العديد من المنتجات منها السئ ومـــنها الكسب ذو النوعية العالية. وعموما لا ينصح باستخدام كسب عباد الشمس المحتوى على نسبة عالية من الألياف فى علائق الحيوانات وحيد المعدة.

أما بالنسبة لكسب عباد الشمس المقشور فانه يعتبر مناسب كمادة علف ذات محـــتوى بروتينى عالى فى أعلاف الحيوانات وحيد المعدة والأسماك. وجد أيضاً أن طحن كسب عباد الشمس يزيد من استساغته وفى نفس الوقت يزيد من سعره.

ومحـــتوى كسب عباد الشمس من البروتين يعتبر عالياً (٤٠%) وكذلك نوعيته كبروتين جيدة. بالإضافة الى ذلك فان كسب عباد الشمس يعتبر مصدرا جـــيدا للنياســـين ولا يحتوى على عوامل سامة معروفه حتى الآن. بالرغم من

استخدام كسب عباد الشمس ذو النسبة المرتفعة من الألياف إلا أن نتائج التجارب أثبتت انه يمكن الحصول على معدلات نمو جيدة عند إدخاله بنسبة حتى ٥٠% فى علائق اسماك البلطى الموزمبيقى. من ناحية أخرى أظهرت بعض النتائج أن إحلال كسب عباد الشمس محل مسحوق السمك فى علائق البلطى الموزمبيقى والنيلى بنسبة ٧٥، ٨٠% المحتوية على ٣٠% بروتين أدى الى خفض أداء النمو إلى النصف فى أصبعيات هذه الأسماك مقارنة بذلك المتحصل عليه باستخدام العليقة المقارنة المحتوية على مسحوق السمك. أظهرت نتائج بعض التجارب ان نمو زريعة اسماك البلطى النيلى قد انخفض عند تغذيتها على عليقة تم فيها إحلال نصف كميه مسحوق السمك بكسب عباد الشمس حيث كانت العليقة تحتوى على ٤٥% بروتين.

٦- كسب السمسم : Sesame seed meal

كسب السمسم يتميز عن الأكساب الأخرى بمحتواه العالى من الحمض الأمينى المثيونين وهو غنى أيضا بالأرجنين والليوسين. كسب السمسم يعتبر فقيراً فى الحمض الأمينى الليسين، ولهذا فانه من الأهمية بمكان أن يخلط فى أعلاف الأسماك مع مواد العلف الغنية فى الليسين لتغطية احتياجات الأسماك منه. هذا الكسب يحتوى على كميات مرتفعة من حمض الفيتيك الذى يرتبط بالكالسيوم ويمنعه من الامتصاص ولذلك فان العلائق المحتوية على كسب السمسم تحتاج الى إضافة من الكالسيوم وإمداداً به وبالرغم من المحددات السابقة لكسب السمسم فان استخدامه كمصدر علفى يحل جزئيا محل مسحوق السمك فى علائق الأسماك يحتاج إلى تجارب ويحدث اكثر خاصة فى مجال أعلاف اسماك البلطى.

٧- كسب الكوبرا : Copra meal

وهو الكسب الناتج من تجفيف جوز الهند لكى تصبح نسبة الرطوبة به اقل من ٦% للحفاظ عليه من الفساد، الكسب الزيتى Oil cake الناتج منه لا توجد به أى عوامل سامة ولكنه يتزنخ ranced بسرعة عند تخزينه. يتحدد استخدام كسب الكوبرا كمادة علف فى علائق الأسماك بناء على محتواه المنخفض من البروتين (٢٥%) وكذلك محتواه المنخفض من الحمض الأمينى الليسين والهستيدين بالإضافة الى محتواه العالى من الألياف (١٢%) وبالرغم من محددات استخدامه السابقة فانه أمكن التحصل على معدلات للنمو النوعى تبلغ specific growth rate %٢,٠٣ وكذلك معدلات لتحويل الغذاء بلغت ١,٥٣ عند تغذية اصباعيات البلطى النيلى على علائق ٣٠% بروتين خام حيث يتم إمدادها بكسب الكوبرا ليغطى ٥٠% من بروتين العليقة. ويعتبر سعر كسب الكوبرا الرخيص أحد المحددات التى تجعله أحد مصادر البروتين فى علائق الأسماك مع مراعاة ان تزنخ الدهون فى هذا المصدر قد يؤدى الى ظهور أثار سامة على الأسماك.

٨- كسب نوى البلح : Palm kernel meal

يحتوى كسب نوى البلح عل كمية منخفضة نسبيا من البروتين حيث يتراوح مستواه فى هذا المصدر ما بين ٢٠-٢٥% من المادة الجافة إلا ان هذا البروتين يعتبر ذو قيمة غذائية مرتفعة ويعتبر الحمض الأمينى المثيونين هو الحامض الأمينى المحدد فى هذا الكسب. وتتميز هذه المادة العلفية بان النسبة ما بين الكالسيوم والفوسفور فيها تعتبر مناسبة جدا بالقياس بالأكساب الأخرى كذلك فكسب نوى البلح لا يحتوى على أى مواد ضارة أو سامة. وبالرغم

مـــن المميزات السابقة لكسب نوى البلح إلا انه لا يعتبر مادة علفية واعدة فى علائـــق الأسماك لاحتوائه على نسبة عالية من الألياف (١٥%) وكذلك عدم استساغة الأسماك له. وأوضحت بعض الدراسات ان أداء النمو لأسماك البلطى النيلى المغذى على علائق تم إحلال نصف محتواها من البروتين ببروتين كسب نوى البلح كان ٥٠% فقط من ذلك المتحصل عليه باستخدام العليقة الضابطة المحتوية على مسحوق السمك.

٩- مخلفات تصنيع البيرة :

أ) **الرادبيسيل:** عند إنبات حبوب الشعير فى عملية تصنيع البيرة تنمو جذيرات الشـــعير وهى لا تستخدم فى عملية التصنيع وتمثل ناتج عرضى من عملية التصنيع وهى مادة غذائية غنية بالفيتامينات وتستخدم إما طازجة فى تغذية الأسماك أو بعد تجفيفها وطحنها.

ب) **تفل البيرة:** وينتج أثناء عملية ترشيح حبوب الشعير المتخمرة وهو عبارة عن بقايا حبوب الشعير وكذلك حشيشة الدينار وتفل البيرة يعتبر مصدر غـــنى بالطاقـــة والبروتين والفيتامينات ويمكن استخدامه فى تكوين علائق الأسماك.

جـــ) **الخميرة:** وهى تنتج بكميات كبيرة أثناء عملية تخمير حبوب الشعير فى عمليه تصـــنيع البـــيرة وتحتوى على نسبة مرتفعه من البروتين الخام يكون معظمه فى صورة أحمـــاض نـــووية حيث يمثل البروتين ٥٠-٦٠% من مكوناتها وتستخدم الخميرة الجافـــة فى تكـــوين أعلاف الأسماك الصناعية نظر لمحتواها العالى من البروتين الخام بالإضـــافة الى أنها مصدر غنى لمجموعة فيتامين ب المركب وتشير نتائج البحوث الى إمكانية استخدامها فى تكوين علائق اسماك السالمون والمبروك والأسماك عشبية التغذية

والـــرمية والأسمـــاك المفترسة – يجب أن لا يزيد معدل استخدام الخميرة فى أعلاف الأسماك عن ١٥% من إجمالى العليقة نظرا لمحتواها العالى من الأحماض النووية والتى تعتـــبر مصدرا للنيتروجين الغير بروتينى Non-protein nitrogen وتنتج كل مائـــه كجـــم من الشعير عنده تخمره أثناء تصنيع البيرة ٥,٥ كجم من الخميرة الطازجة الرطبة والتى تحتوى على ٨٥% رطوبة لذلك تجفف حتى ينخفض محتواها مـــن الرطوبة الى ١١% (أى كل ١٠٠ كجم من الشعير تنتج ٩ كجم من الخميرة الجافة.

١٠– مخلفات تصنيع الذرة : Corn meals

أ) كسب جنين الذرة: Corn germ meal

وينـــتج بعـــد عصر حبوب الذرة لإنتاج الزيت من جنين الحبوب والمتبقى يسمى كسب جـــنين الـــذرة – وهذا الكسب يعتبر مركز بروتينى جيد ويحتوى على ٢٠-٢٦% من البروتين الخام ويمكن استخدامه فى تكوين أعلاف الأسماك بمعدلات تصل الى ٢٠%.

ب) جلوتين الذرة: Corn gluten meal

وهو منتج من عملية فصل النشا من حبوب الذرة وهذا الكسب غنى فى محتواه مـــن البروتين حيث تتراوح نسبة البروتين به ما بين ٣٥-٤٠% وتتوقف نسبة الـــبروتين على طريقة الاستخلاص والتصنيع ويمكن إدخاله فى أعلاف الأسماك بنسبة تتراوح ما بين ١٠-٢٠%.

جـــ) البروتيلان:

وهـــو خلـــيط ما بين جلوتين وردة الذرة ويحتوى على حوالى ٢٠% بـــروتين خام ويعتبر مصدر للبروتين رخيص الثمن ويفضل استخدامه وهو فى

حالـــة جافـــة تمامـــا منعا لنمو الفطريات أثناء تخزينه ويجب أن لا تزيد نسبة استخدامه فى الأعلاف الأسماك عن ٢٠%.

١١- البقوليات: Legumes

وتشـــمل البقوليات مجموعة كبيرة من النباتات والتى لها القدرة على تثبيت النيتروجين من الهواء الجوى لتحوله فى أجسامها الى بروتين. البقوليات عموما ذات قـــيمة غذائـــية مـــرتفعة وغنية فى محتواها من البروتين والأملاح المعدنية وتضـــمن البقولـــيات الليوكيـــنا Leucaena وكـــذلك البرسيم الحجازى Alfalfa ومجموعة كبيرة من البذور والحبوب البقولية.

وتحـــتوى بذور البقوليات على حوالى ٣٦% من البروتين بينما تحتوى أوراقهـــا على حوالى ٢١% من البروتين. يعتبر بروتين الليوكينا من البروتينات جيدة النوعية وبالرغم من هذا فانه يحتوى على حمض أمينى سام اسمه الميموزين Mimosine وهو يعمل على تثبط النمو.

أوضـــحت النـــتائج أن تغذية أصبعيات البلطى الموزمبيقى على علائق تحـــتوى على ٣٠% بروتين حيث تم إحلال الليوكينا (مسحوق الأوراق) محل ٢٥% من السمك المجفف أدت الى ضعف النمو وانخفاض معدلاته. وجد أيضاً ان تغذيـــة اسماك البلطى النيلى على علائق تحتوى على ٢٣% ليوكينا، ٣٣% سمك مجفف، ٤٤% رجيع كون أدت الى انخفاض فى معدلات النمو.

تعتـــبرحبوب البقول فى المقام الاول مصدرا للبروتين ذو القيمة الحيوية العالية نسبيا وهذا يعكس محتواها من الأحماض الأمينية الذى يتميز بوجود نسبة عالـــية من الحمض الأمينى الليسين بمستوى يقارب الموجود فى بروتين السمك المجفـــف ويحـــتوى بروتين البقوليات على نسبة مخفضه من السستين والمثيونين

مقارنة بمحتواها فى البروتينات الحيوانية والنباتية الأخرى. تفتقر الحبوب البقولية الى كل من حمض الاسكوربيك والكاروتينات ولكنها قد تحتوى على كميات معنوية من الثيامين والنياسين والريبوفلافين. وتحتوى البقوليات على مجموعة من العوامل الضارة أو السامة مثل الهيماجلوتنين Heamagglutinins واللينامارين Linamarin واللاثيروجين Lathytogens وهذه السموم يمكن تخفيض ضررها معنويا من خلال عمليات طبخ البذور البقولية.

وعموما عند تكوين أعلاف الأسماك فان استخدام بذور البقوليات يتوقف على مدى توافرها وكذلك على أسعارها لاستخدامها فى أغذية الإنسان. وتشمل البقول كل من حبوب الترمس ويمكن استخدامه فى تكوين أعلاف اسماك المبروك والبلطى ويستخدم فى تكوين العلائق بعد طحنه ويستخدم فى حالة انخفاض سعره. وحبوب الفول من الحبوب البقولية المعروفة ومحتواه من البروتين حوالى ٢٦% وهو مصدر جيد للبروتين فى أعلاف الأسماك ويحتوى على كميات كبيرة من الحمض الأميني الليسين ويستخدم كسر الفول أو فول العواريات فى تكوين أعلاف الأسماك إذا ما كان سعره اقل من الخامات البروتينية الأخرى. ويحتوى الفول على نسبة بسيطة من الدهون فى حدود ١,٥% وبناء عليه فإنه لا يحدث له ترنخ Rancidity عند تخزينه لمدد طويلة بالإضافة إلى احتوائه على نسبة مرتفعة من الحمض الأمينى الليسين وهو من الأحماض الأمينية المحددة فى الأسماك. ويستخدم كسر الفول الغير محتوى على نسبة عالية من القشور فى تكوين علائق الأسماك وينصح بان لا تزيد نسبته فى العليقة عن ٢٠-٢٥%.

والعدس من البقول التى تستخدم أيضاً فى غذاء الإنسان ويمكن استخدام كسر العدس فى تكوين علائق الأسماك وهو يحتوى على حوالى

٢٥-٣٠% مـــن البروتين الخام ويمكن أن يستخدم فى تكوين علائق الأسماك بنسب تتراوح ما بين ١٠-٢٠%.

وفول المانج Mung bean وهو من البقول التى تعتبر من المحاصيل الجديدة فى الزراعة المصرية وهو محصول بقولى صيفى سريع النضج حيث ينضج خـــلال ٧٠-٩٠ يوم من زراعته. بذوره ذات قيمة غذائية مرتفعة حيث يبلغ محتواها من البروتين ٢٢-٢٨ % من مادتها الجافة وتنتشر زراعته فى معظم بلاد جنوب شرق أسيا وبعض الدول العربية. وتستخدم بذوره فى غذاء الإنسان فى صورة تشبه استخدام الفول البلدى والعدس فى تصنيع وجبات شعبية مرتفعة فى قيمتها الغذائية كذلك تستخدم البذور والنباتات الخضراء كأعلاف للحيوانات المزرعية.

وتعتـــبر الهند هى الموطن الاصلى لهذا الفول - انتشر منها الى تايلاند وسيريلانكا وبورما وبنجلاديش وإندونيسيا — ويعتبر من المحاصيل الهامة فى كل مـــن الهـــند والصين وإيران وكينيا وكوريا والعراق وماليزيا وبيرو والولايات المـــتحدة الأمريكية وادخل حديثا الى استراليا. بالإضافة الى استخدامات بذور فول المانج فى تغذية الإنسان فان بعض أصنافه تستخدم كمحصول علف اخضر صيفى فى تغذية الحيوان وذلك الارتفاع محتوى بذوره من البروتين الخام ويمكن تغذيـــة حـــيوانات المزرعة عليه كاملاً بدون أية مشاكل غذائية على إمكانية زراعته فى معظم أنواع الأراضى خاصة الرملية الخفيفة ويمكن اخذ حشتان منه الأولى بعد ٤٥ يوم والثانية عند تمام نضج القرون وجمعها حيث يمكن استخدام الســـيقان والأوراق كعلف للحيوانات وتحتوى السوق والأوراق على ٩,٧% رطوبة، ٩,٨% بروتين خام، ٢,٣% دهن، ٢٤% ألياف خام ٧,٧% من الـــرماد، ٤٦,٦% مـــن الكربوهيدرات الذائبة وحوالى ٧,٤% بروتين خام

مهضوم وكذلك ٤٩,٣% مواد غذائية كلية مهضومة. ويمكن استخدام البذور فقـــط فى تصنع أعلاف الدواجن والأسماك. أما بالنسبة للبذور الجافة فتحتوى علـــى حـــوالى ٧-١٢% رطوبة، ٢٢ - ٢٨% بروتين غنى بالحمض الأمينى الليسين (٦,٥ - ٨%) وتحتوى البذور على ١,٠ - ١,٥% من الزيت الخام وعلـــى ٣,٥-٤,٥% مـــن الألـــياف، ٥,٥% من الرماد وكذلك على ٦٠-٦٥% من الكربوهيدرات- ويحتوى فول المانج على حوالى ٢,٧-٥,٩% من السكريات منها ١,٠٠-٢,٢% سكروز، ٠,٤-٠,٧% رافينوز وحوالى ٠,٥-١,٥% من سكر ستاكيوز وهذا التباين فى محتوى السكريات قد يفسر عدم حدوث انتفاخ وتكوين الغازات عند تناول بعض أنواع فول المانج.

أظهـــرت التحاليل الكيميائية لبذور فول المانج أن محتواه من الأحماض الأمينـــية الكبريتية (السستئين والمثيونين) منخفض شأنه شأن المحاصيل البقولية الأخـــرى إلا أن نسبة حمض الليسين بالبذور مرتفعة وهو من الأحماض الأمينية الضرورية بل والمحددة فى أغذية الطيور والأسماك وتحتوى الحبة الكاملة فى مادتها الجافة ١,٩٧% من الليسين.

جـــ) الطحالب: Algae

تـــرجع أهمية استخدام الطحالب فى تكوين أعلاف الأسماك على محتواها العالى نســـبياً مـــن الـــبروتين الذى تتراوح نسبته فيها ما بين ٥٠ الى ٦٥% من الوزن الجـــاف. بالإضافة الى ذلك فان الطحالب عموما غير سامة أو ضاره والطحالب الجافـــة يمكـــن أن تخـــزن لمـــده ستة شهور دون أى تغير فى مكوناتها أو إصابتها بالفطريات. ومن الطحالب التى تنتج بكميات كبيرة وتستخدم فى أعلاف الأسماك

هـــي الطحالـــب وحيدة الخلية unicellular مثل الكلوريلا Chlorella ، السبيرولينا Spirulina وكذلك السينيدسمس Scenedsmus.

ومـــن الناحـــية التطبيقية فالسبب الرئيس لعدم انتشار استخدام الطحالب وحيده الخلية فى الأعلاف التجارية للأسماك يرجع الى ارتفاع تكلفة إنتاج هذه الطحالـــب على النطاق التجارى مما يقلل من قدرتها التنافسية مع أسعار مواد العلـــف الـــبروتينية المـــتاحة وذات القيمة الحيوية العالية. ومشاكل الطحالب الرئيســـية تتضمن التكاليف الباهظة لإنتاج الوحدة منها وإنتاج الوحدة الغذائية مـــنها بالإضـــافة الى صعوبة وارتفاع ثمن حصادها وتجفيفها وإعدادها كمادة علـــف. بالإضافة الى ذلك فان طرق تحضيرها يمكن أن تؤثر فى قيمتها الحيوية كغـــذاء وكذلك على هضمها فى الأسماك. وعامة تشير نتائج البحوث الى أن هناك أملاً فى التغلب على مثل هذه المشاكل الاقتصادية.

عموما فعملية حصاد الطحالب وحيد الخلية تعتبر صعبة ومكلفة خاصة وأن حصـــادها يتم فى وسط مائى حيث تكون نامية ومنتشرة فيه. وأوصت بعض الـــبحوث بإمكانية استخدام أنواع الأسماك التى تغذى أساسا على البلانكتون وتستطيع استخلاص هذه الطحالب والتغذية عليها فى أماكن الطحالب الطبيعية مما يوفر عملية حصاد مثل هذه الطحالب. وفى تايلاند أمكن استخدام البلطى النيلى ليتغذى على الطحالب النامية فى بعض المساحات المائية حيث قدر إنتاج الطحالـــب فى هذه البيئة بحوالى ٢٠ طن فى السنة تم استهلاكها بواسطة أسماك البلطـــى. مـــثل هـــذه الطريقة عامة تصلح فى عمليات إنتاج الأسماك بالنظام الانتشـــارى حيث تربى الأسماك بمعدلات تخزين منخفضة نسبياً. وفى مثل هذه الحالات التى يتم فيها استخدام الأسماك لتتغذى على الطحالب فى بيئتها الطبيعة لابـــد من التحكم فى معدلات نمو الطحالب وكثافتها حتى لا يحدث انخفاض

لتركيزات الأكسجين فى المياه خلال الليل والصباح الباكر مما يؤدى الى حدوث وفيات فى الأسماك.

وحتى الآن فان المعلومات عن استخدام الطحالب وحيدة الخلية فى تكوين علائق الأسماك مازالت محدودة. أظهرت نتائج بعض البحوث أن كفاءه تمثيل العلائق المحتوية على بروتينيات حيوانية قد تحسنت فى اسماك البلطى الموزمبيقى بإضافة الطحالب إليها. أوضحت النتائج أيضاً أن محصول البلطى الاوريا قد زاد بحوالى ١٠% عند تغذية الأسماك بمسحوق الطحالب مقارنة بالأسماك المغذاة على علائق تحتوي على بروتين حيوانى مصدره السمك المخفف.

أوضحت نتائج بعض التجارب أن إضافة الطحالب الخضراء من النوع كلادوفورا *Cladophora glomcrata* بمعدل ٥% الى عليقة تحتوى على ٣٠% بروتين أدت الى تحسن ملحوظ فى معدلات النمو وكذلك معدلات هضم المواد الغذائية والكفاءة التحويلية للبروتين فى اسماك البلطى النيلى مقارنة بالعليقة الكنترول المحتوية على السمك المجفف. أوضحت النتائج أيضاً انه بزيادة إحلال مسحوق الطحالب عن معدل ٥% تدهورت معدلات النمو وكفاءه البروتين التحويلية. من ناحية أخرى وجد أن إدخال الطحالب من نوع Scendesmus وكذلك من النوع Hydrictyon فى علائق اسماك البلطى الموزمبيقى بمعدل ٤٥% من الطحالب الاول Scendesmus أدى الى نتائج فى النمو معادلة لتلك المتحصل عليها بالعليقة الكنترول فى حين أن الطحلب الثانى Hydrictyon أدى إدخاله بنفس المعدل الى تحقيق معدلات نمو ضعيفة جدا.

بالنســبة لمعدلات هضم الطحالب فقد درست على أسماك البلطى الموزمبيقى. أشارت نتائج هذه البحوث أن الطحالب الخضراء المزرقة Blue green algae تهضــم خاصــة فى وجــود الإنزيمات المحللة لجدر الخلايا النباتية وهذه الإنزيمات وجــدت فقط فى بعض أسماك المياه الدافئة العذبة خاصة التى تعتمد فى غذائها علــى النباتات كغذاء. وجد انه فى اسماك البلطى النيلى وكذلك الموزمبيقى أن درجــات الــ pH الأقل من ٢ هو المدى من الحموضة الذى يمكن معه أن تســتفيد الأسماك من الطحالب الخضراء المزرقة وكذلك البكتريا كغذاء. عامه فــان الظــروف الحمضية تساعد على تحلل وتكسر جدر الخلايا بحيث يسهل هضم لمحتويات هذه الخلايا بسهوله.

عامة فان طرق تحضير الطحالب كمواد علف للأسماك تؤثر على معدلات هضــمها. التجفــيف الشمسى للطحالب يؤدى الى انخفاض معدلات هضم الطحالب مقارنة بتلك المجففة بطريقة التجفيف الصناعى باستخدام اسطوانات التجفــيف Drum drayer ، وقــد يرجع ذلك الى أن التجفيف الشمسى يــؤدى الى ترك جدران الخلايا كاملة دون تكسر جزئى فى حين أن التجفيف الصناعى بالاسطوانات يسبب تكسرا فى أغشية وجدران خلايا الطحالب بحيث تصبح محتويات الخلايا الداخلية متاحة لإنزيمات الهضم. وبالرغم من وجود أمل كــبير فى اســتخدام الطحالب كمادة علف سمكية فإن الأمر يحتاج لمزيد من الدراسات لتحديد أفضل تحضير لهذه الطحالب لإدخالها كمواد علف فى علائق الأسماك وكذلك افضل نسب لاستخدمها فى العلائق الصناعية.

د- بروتينات الكائنات وحيدة الخلية: Single cell protein (SCP)

بـروتينات الكائـنات وحيده الخلية تطلق على البروتينات المنتجة من الكائـنات الدقيقة Micro-organisms والتى تتضمن البكتريا والفطريات والطحالب وحيده الخلية ولا ترجع أهمية بروتينات الكائنات الدقيقة الى محتواها العـالى مـن البروتين فقط (٤٠-٨٠% بروتين) ولكن أيضاً الى مقدرة هذه الكائـنات علـى إنـتاج كميات كبيرة من البروتين فى وقت قصير. الخمائر والبكتريا تستطيع أن تضاعف من كتلتها الحية خلال فترة وجيزة تتراوح ما بين ٢٠ دقـيقة الى الساعتين والطحالب وحيده الخلية تستطيع ذلك فى فترة ما بين السـاعة الى الـيومين مقارنة مثلا بالحشائش التى تنتج كأعلاف خضراء والتى تحتاج ما بين ١-٢ أسبوع وبين ٢-٤اسبوع بالنسبة لدجاج اللحم وبين ١-٢ شهر بالنسبة للأبقار وذلك لمضاعفه وزنها.

إنتاج بروتين الكائنات وحيده الخلية مكلفاً حتى لو كانت أسعار المواد الخـام المستخدمة فى الإنتاج رخيصة حيث يحتاج استخلاص وإنتاج البروتين مـنها الى تجهيزات عالية الثمن وذلك لمنع تلوثها بالكائنات المرضية أو المنتجة للسموم.

والقـيمة الغذائـية للكائنات الدقيقة تعتبر قليلة ولا تعبر عن تحليلها الكيميائـى وذلك لان البروتين الخام المقدر كيميائياً يحتوى على كميات كبيرة فى أجزائه من الأحماض النووية وهى تعتبر ذات قيمة غذائية منخفضة. بالإضافة الى ذلـك فان جدر خلايا بعض الكائنات الدقيقة من القوة ولا يمكن هضمها وتكسـيرها فى الحيوانات وحيد المعدة. وبالرغم من ذلك فقد تم تطوير بعض الطرق ذات الأثر الكبير فى معالجة جدر خلايا بعض الكائنات الدقيقة مما يجعل امكانـية اسـتخدام خلايا الكائنات الدقيقة على المستوى التجارى فى تكوين

الأعـــلاف ممكنا فى المستقبل خاصة وان بعض هذه الطرق تطبق حاليا. وحتى الآن فالـــبحوث التى أجريت على إضافة البروتين البكتيرى وكذلك الفطرى فى أعـــلاف اسمـــاك الأخرى مازالت بسيطة. فى هذا الصدد اظهرت نتائج بعض الـــبحوث أن معدلات نمو اسماك البلطى الاوريا وكذلك كفاءة تحويل البروتين فيه كانت منخفضة جدا وذلك عند تغذية هذه الأسماك على علائق تحتوى على البروتين الخميرة فقط. وقد اعزيت هذه النتائج الى ضعف هضم خلايا الخميرة خاصة وأن الخميرة مثل كسب فول الصويا تحتوى على نفس الاحماض الأمينية الضرورية فى تكوينها.

ثانياً: البروتينات الحيوانية المصدر Animal proteins

ومواد العلف حيوانية المصدر يمكنها تغطية النقص فى الأحماض الأمينية الضـــرورية والفيتامينات فى العلائق التى بها نقص من فى هذه المكونات. ولهذا الســـبب فالـــبروتينات الحيوانية، حتى لو استخدمت بكميات بسيطة، يمكنها تحسين القيمة الغذائية للعليقة ككل.

وتتضمن البروتينات الحيوانية كل من مسحوق السمك Fish meal ذوائب الأسماك Fish solubles ومسحوق الجمبرى Shrimp meal وكذلك مسحوق الكبد Liver meal وكذلك مساحيق أجسام بعض الحيوانات البحرية والحيوانات المزرعية بما فى ذلك مسحوق اللحم Meat meal ومسحوق اللحم والعظم Meat and bone meal ومسحوق الدم Blood meal ومسحوق مخلفات الدواجن Poultry by products ومخلفات صناعية الألبان مثل اللبن المجفف Powder milk ، شرش اللبن Whey powder والكازين Casein وكذلك مخلفات المجاوز ومصانع تجهيز الأسماك.

والـــبروتينات الحيوانية المصدر تعتبر عالية الثمن وذلك من الناحية البيولوجية والمالية. ومن الناحية التطبيقية فان استخدام البروتينات حيوانية المصدر لابد أن يكون فى اضيق الحدود وبكميات صغيره وذلك لتجنب حدوث نقص فى بعض الأحماض الأمينية الضرورية وليس كمصدر رئيس لبروتين العلف. بالإضافة الى ذلك فأنها تمد الحيوانات المغـــذاة علـــى العلائق المحتوية عليها بالعناصر المعدنية والفيتامينات خاصة مجموعة ب- المركب ومواد العلف حيوانية وسوف يرد فى الجزء التالى أهم مصادر الأعلاف حيوانية المصدر والتى تعتبر مناسبة وفعاله فى الأعلاف.

١- مخلفات الدواجن: Poultry by-products

تأسســـت عملـــيات الإنتاج التجارى المكثفه للدواجن فى العديد من الـــبلاد النامـــية وذلك لمجابهة الطلب المتزايد على منتجات الدواجن. وفى هذا الصـــدد فانـــه عادة ما تنتج الدواجن فى مناطق محدودة وبطريقة مكثفة ويتم تجهيـــزها فى مصـــانع مركـــزية وذلك الإنتاج الدجاج المجهز للطهى. وهذا المشروعات الضخمة لإنتاج دجاج اللحم تسمح بالاستخدام الأمثل لمخلفات الدجاج وتحـــويلها الى أعـــلاف حيوانـــية. ومن أهم مخلفات ذبح وتجهيز الدواجن مسحوق مخلفـــات الدواجن Poultry by-product meal وكذلك مسحوق ريش الـــدواجن المـــتحلل Hydrolysed poultry feathers ودهـــن الـــدواجن Poultry fat.

أوضـــحت نتائج بعض البحوث التى تضمنت دراسة العلاقة بين سبلة الدواجن وإنتاج البلطى أن تسميد أحواض البلطى بمعدلات ٥٧٢١٦٠ لتر من ســـبلة الدواجن السائلة أدت الى إنتاج ٤٥١٥ كجم من البلطى فى الهكتار فى

الســـنة. اشارت لبعض نتائج البحوث الى امكانية احداث زيادة يوميه مقدارها ٥ كجم / يوم/هكتار في وزن الأسماك باستخدام زرق الدواجن كسماد.

وحتى الان فالمعلومات عن استخدام مخلفات ذبح وتجهيز الدواجن في الأعلاف المحببة الكاملة للأسماك تعتبر محدودة. اظهرت نتائج البحوث انه يمكن اســتبدال مســحوق السمك كلية بمخلفات تجهيز وذبح الدواجن في أعلاف الســالمون Rainbow trout وذلــك مــع الآخذ في الاعتبار تغطيه جميع الاحتــياجات من الأحماض الأمينية الضروريه عند تكوين العلائق لضمان اتزان الأحماض الأمينية الضروريه بها.

واثبــتت الــتجارب العلمية الحديثة بان الإستفادة تكون أكبر إذا تم إستخدام مســحوق مخلفــات ذبح الدواجن Poultry by product meal والتي تتضــمن الــرأس والأرجل والبيض الغير ناضج Underdeveloped eggs والأحشاء الداخلية Visceral organs ولكن هذة المخلفات لاتحتوى على الــريش كمــادة غذائية عالية البروتين ٥٩% بروتين عالى الجودة ولكن اذا توافــرت المصانع القريبة لمعاملة ومعالجة هذة المخلفات بالتجفيف بالحرارة او بالهواء.....الخ اوببعض المعاملات التكنولوجية الحديثة واثبتت التجارب نجاح مسحوق مخلفات ذبح الدواجن وإضافتة الى علائق اسماك القراميط حتى نسبة ٥٠% مــن المواد البروتينة المضافة للعلائق ولكن النسب العالية منة قد تسبب مشــاكل هســتولوجية في كبد الأسماك إذا إستخدمت بنسب تتراوح مابين ٨٠ -١٠٠% كبروتين كلى في العليقة *(Abdel-Warith, et al., 2001)* وكــذالك أســتخدام مســحوق الــريش والمعامــل بطريقة التحلل المائى Poultry feather meal (Hydrolyzed) والــتى يــتم عن طريق المعاملة بالضغط العالى وذلك للريش النظيف والغير متعفن من الدواجن المذبوحة وعلى

الأقـــل حـــوالى ٧٥% من بروتين هذة المادة يتم هضمة بواسطة إنزيم البيسين وهـــذا المـــركب ثبت ان بة نسبة عالية من البروتين ٨٥% ولكن فقير الجودة وذالـــك بســـبب نقصة فى العديد من الأحماض الأمينية الأساسية وخصوصاً الليسين كل هذة المواد الغذائية والناتجة من مخلفات الدواجن امكن أضافتها فى علائـــق كل من أسماك البلطى النيلى والقراميط وبنسب مختلفة وثبت انة يمكن إحلالها مع مسحوق السمك Fish meal والغالى الثمن بحوالى ٤٠-٥٠% (عبدالوهاب عبدالوارث ٢٠٠٢) فى علائق البلطى النيلى ولكن معامل الهضم لـــبروتين مسحوق الريش كان منخفضاً مقارنة بمسحوق السمك والدم ولكن إســـتخدام هذة البروتينات الحيوانية فى علائق الأسماك لم تثبت التجارب حتى الآن اى تـــأثير صـــحى عكسى على الأسماك نتيجة لإستخدام هذة المخلفات مقارنة بالحيوانات الأرضية الاخرى إذا لم تزيد نسبتها عن ٤٠-٥٠%.

أوضـــحت نـــتائج بعـــض البحوث انه يمكن احلال مسحوق الريش المتحلل فى تغذية اصبعيات البلطى النيلى بمعدل ٣٠% من مسحوق السمك فى العلائق المحتوية على ٣٥% بروتين دون أى اثار سلبيه على اداء عن الأسماك أو معـــدلات تحويل الغذاء. اما اذا تم احلاله بنسبة ٥٠% من مسحوق الأسماك العلائـــق بمسحوق الريش المتحلل فان معدلات النمو وكذلك معدلات تحويل الغذاء تتأثر سلبيا عن هذا المستوى من الإحلال. وقد يعزى هذا الأثر السالب عـــند إحلال مسحوق الريش المتحلل محل ٥٠% من السمك المجفف الى عدم كفايـــة الأحماض الأمينية الضرورية فى مسحوق الريش حيث انه يعتبر فقير فى كل من المثيونين الليسين والتربتوفان.

أوضـــحت الدراسات أن امداد العلائق التى تحتوى على مستوى عالى مـــن مسحوق الريش المتحلل بالهستيدين ادى الى تحسن فى اداء النمو وكذلك

كفاءة تحويل الغذاء فى حين ان اضافة كل من الليسين والمثيونين لم يكن لها تأثر على معدلات النمو وكفاءة الغذائية وهذا النتائج قد تدعو الى الدهشه حيث أن كـــل من المثيونين والليسين يعتقد انها من الأحماض الأمينية المحدد فى مسحوق الـــريش وهذا ما يوحى بان الاستفادة من الأحماض الأمينية المضافه إلى علائق أسماك البلطى لم تدرس حتى الان جيدا.

٢- مسحوق السمك المجفف: Fish meal

يعتـــبر مسحوق الأسماك ذو النوعية الجيده والمصنع من اجسام الأسماك الكاملـــة مـــن المصـــادر البروتينية عالية القيمة الغذائية المتاحة لمصانع أعلاف الأسمـــاك. مسحوق الأسماك يعتبر بالإضافة الى كونه مصدرا جيدا للبروتين انه مصـــدر أيضـــاً للطاقة والأملاح المعدنية بالإضافة الى سهوله هضمه وكذلك استســـاغه معظم الأسماك لطعمه. مسحوق السمك المصنع من أجسام الأسماك الكاملـــة تحـــتوى على حوالى ٦٠-٨٠% من البروتين فى المادة الجافة وتصل معـــدلات هضمه فى معظم الأسماك الى ما يتراوح ما بين ٨٠-٩٥% ويحتوى مسحوق السمك على كميات كبيرة من كل من الليسين المثيونين المتاحان وهما من الأحماض الأمينية التى تفتقر فيها معظم مواد العلف النباتية.

مســـحوق الأسمـــاك المصنع من أجسام الأسماك البحرية يحتوى على ١-٢,٥% مـــن الأحماض الدهنية الغير مشبعة n-3 والتى تعتبر من الأحماض الدهنية الضرورية للعديد من أنواع الأسماك. مسحوق الأسماك المصنع من بعض أجـــزاء جســـم السمكة مثل مخلفات تصنيع الأسماك يعتبر ذو نوعية فقيرة فى الـــبروتين ومسحوق السمك المصنع بالطريقة السابقة (مخلفات تصنيع الأسماك) يحـــتوى على نسبة عالية من الرماد وينصح باستخدامه فى تصنيع الأعلاف لمنع

الاخـــتلال فى التوازن المعدنى الذى قد يؤدى الى تقليل المتاح من بعض العناصر المعدنية.

ومسحوق السمك المجفف يعتبر ذو قيمة اخرى غير تغطيه الاحتياجات الغذائية للأسماك لما يحتوى من عناصر اخرى غير معروفه ومشجعه للنمو. وقد أظهـــرت نتائج البحوث أن إضافة مستخلصات الأسماك الدهنية أو غير الدهنية الى علائـــق اسمـــاك القرموط المتزنة آدت الى زيادة معدلات نمو هذه الاسماك. ونظرا لارتفاع أسعار مسحوق السمك المجفف فانه يستخدم بكميات قليلة فى تكـــوين علائق الأسماك التجارية وذلك لخفض اسعار هذه العلائق وبالرغم من ذلـــك فان بعض العلائق مثل التى تغذى عليها اسماك الثعبان أو اسماك السالمون المـــرباة فى أقفـــاص تحتوى على مستويات عالية من مسحوق السمك وذلك لتغطـــية احتـــياجاتها العالية من البروتين كيفياً وكماً. وتشير نتائج البحوث الحديـــثة الى ان مســـحوق الدم المجفف ذو النوعية العالية أو مسحوق اللحم وكـــذلك مســـحوق مخلفات مجازر الدواجن يمكن أن تحل جزئيا محل السمك المجفف.

٣- مخلفات مجازر الحيوانات: Animal by -products

وتشـــمل مســـحوق اللحـــم والعظم **Meat and bone meal** وهى منـــتجات جافـــة ومستخلص منها الدهن جزئيا وتعتبر من مخلفات المجازر. وهذه المخلفـــات عـــاده ما تحتوى حوالى ٥٠ - ٥٥% من البروتين الخام فى مادتها الجافة ومصدر هذا البروتين الرئيس هو العظام وكذلك الأنسجة الغير عضليه. وجـــودة هذه البروتينات اقل من تلك الموجود فى مسحوق السمك المصنع من اجسام الاسماك الكامله ونوعية بروتينات مخلفات المجازر تختلف باختلاف نوعيه

نواتج الذبح بالمجازر وحيث أن مخلفات المجازر تحتوى على نسبة عالية من الرماد لـــذلك فـــان اســـتخدامها فى تكوين علائق الأسماك يكون فى حدود معينه. ومخلفـــات مجازر الحيوان تعتبر مصدر جيد للطاقة والفوسفور والعناصر المعدنية الضـــر وريه. الدم المجفف المنتج بطريقة التجفيف بالرذاذ ذو معدل هضم عالى وغـــنى فى البروتين (٨٠-٨٦%) ولكن يعتبر فقير فى الحمض الاميني المثيونين وغـــنى فى الليســـين. ومسحوق الدم لا يوازى مسحوق الأسماك أو مسحوق اللحـــم والعظـــم كمصدر للعناصر المعدنية. ومسحوق الدم المخفف لا يعتبر مستساغ لبعض أنواع الأسماك حيث لا تقبل على استهلاك العلائق المحتوية فى تركيبها على مسحوق الدم.

بالنسبة لمخلفات مجازر الدواجن الخالية من الريش فهى تعتبر مصدرا جيدا للبروتين فى تغذية الأسماك الا انها تستخدم بكثرة فى إنتاج أعلاف الدواجن. بالنسبة لـــريش الطيور Feather meal فهذا يعتبر مصدر جيد للبروتين (٨٠%) أن معاملات هضمه فى الأسماك تعتبر منخفضة إذا لم يتم تحليله جيدا ومعالجته اثناء عمليات تحضيره.

٤- مساحيق الحيوانات اللافقاريه: Invertebrates

أ- القشـــريات: وتشـــمل مســـحوق الجمبرى Shrimp meal والديدان worms وبعـــض أنـــواع القواقع ويرقات بعض الذباب وكذلك السيلاج Silage . ومســـاحيق الجمبرى والقشريات Crustacean and Shrimp meals يمكـــن تصـــنيع مسحوق الجمبرى أما من بقايا تصنيعه مثل الرأس وكذلك غطاء الجسم التى تنتج عرضياً فى مصانع تجميد الجمبرى بعد تنظيفه او تنـــتج من أجسام الجمبرى الكاملة فى المناطق التى ينتج فيها الجمبرى وبكميات

كـــبيرة وبنوعـــية لا تتناسب مع الاستهلاك الأدمى. القيمة الغذائية لمسحوق الجمبرى تتساوى مع القيمة الغذائية لمسحوق اللحم. ومسحوق الجمبرى يعتبر غنى فى الكولين ويحتوى على نسبة تتراوح ما بين ٤٩-٧٤% من البروتين الخام حيث يتوقف مستوى البروتين فى المسحوق الناتج على مصدر تصنيعه سواء من اجسام الجمبرى الكامله أو من بقايا التصنيع. ويعتبر الهيكل الخارجى لاجسام الجمـــبرى (الغطاء) ذو قيمة غذائية محدوده حيث يتكون من الكيتين Chitin فى حـــين أن المســـحوق المصنع من الرأس والأحشاء تكون غذائيا اكثر قيمة لانخفاض نسبة الكيتين بها.

وعمـــوما فان نسبه البروتين الخام فى مخلفات تصنيع الجمبرى لابد من تعديلـــها بالنســـبة للنيتـــروجين الموجود فى الكيتين والذى يساهم فى حدود ١٠-١٥% مـــن النيتـــروجين الكلـــى. بالاضافة الى ذلك (الى أن مسحوق الجمـــبرى مصـــدراً للـــبروتين) فان مسحوق مخلفات الجمبرى يعتبر مصدراً للأحماض الدهنية عالية عدم التشبع (n-3) وكذلك الكولسترول (ضرورى فى غـــذاء القشـــريات) وكذلك صبغة الزانثين ataxanthin (ضرورى لتكوين اللحـــم فى أسمـــاك السالمون). وعامه فان مسحوق الجمبرى سواء المصنع من الاجســـام الكامله أو من بقايا تصنيعه يعتبر مستساغ جداً اذا ما أستخدام فى تصـــنيع أعـــلاف الأسماك ويمكن استخدام كمادة فاتحة للشهية وجاذبه لتناول الأعـــلاف المصـــنعة المستخدمة فى تغذية الأسماك والقشريات أوضحت نتائج الدراسات أن مسحوق بقايا مخلفات تصنيع الجمبرى لا يمكن اضافته الى علائق الأسمـــاك دون حـــدود حيث وجد أن معدلات نمو اسماك القرموط الامريكى تـــرتبط ســـلباً بكمـــيه مسحوق مخلفات الجمبرى فى العليقة حيث انها كانت تـــنخفض مـــع زيادة نسبة استخدامه فى العلائق وقد عزى انخفاض اداء النمو

الـــناتج فى أسماك القرموط على العلائق المحتوية مسحوق مخلفات الجمبرى الى عدم استساغه مسحوق مخلفات الجمبرى أو صعوبة هضمه فى الأسماك مقارنة بمسحوق السمك أو الى افتقاره الى بعض العوامل المشجعة للنمو الغير محددة.

ويعتـــبر الكريل Krill وهو أحد القشريات البحرية الصغيرة والذى يصـــاد بكمـــيات كبيرة من البحار مصدرا هاما للبروتين فى علائق الدواجن والأسماك بعد تحويله الى مسحوق ومحتواه من البروتين اقل من ٤٠% ويحتوى على كميات كبيرة من الكيتين- ومسحوق الكريل مصدر غنى للأحماض الدهنية عالـــية التشـــبع من النوع n-3 والدهون ويعتبر هذا النوع من القشريات مصـــدرا هاما للصبغات اللازم لإضفاء التلوين المرغوب فى جلد ولحم الأسماك المستزرعه.

ب) الديدان: **Worms**

يـــزداد الاهتمام باستخدام ديدان الأرض المجففة Earthworm فى أعـــلاف الأسماك خاصه نتيجة لأرتفاع نوعيه البروتين فى مسحوقها وكذلك الكفـــاءة العالية التى يمكن من خلالها تحويل هذه الديدان الى بروتين نافع ذو قـــيمة حيوية عاليه. وحتى الان فمازالت المعلومات المتاحة عن استخدامها فى علائق الأسماك قليله. هناك أيضاً حاجه ملحه لتوفير معلومات عن طريق إنتاجها اقتصـــاديا وكـــذلك تقدير ملائمة الانواع المختلفة لهذه الديدان وقبولها لدى الأسماك خاصة تحت نظم الإنتاج الكثيف. اظهرت نتائج الدراسات عن تغذيه اسمـــاك البلطـــى النيلـــى علـــى مســـحوق الديـــدان الارضـــية من النوع *Perionyx exaratus* المـــرباه على روث الحيوانات فى الفلبين أن إحلال جـــزء من السمك المجفف بمسحوق ديدان الأرض جزئياً كان أكثر كفاءة فى

تحسين النمو وكذلك أكثر اقتصادية عن العلائق المحتوية على السمك المجفف فقط كمصدر وحيد للبروتين.

جـ) القواقع: **Snails**

تنشر القواقع فى اماكن عديده من العالم ومنها القوقع الأفريقى الضخم *Achatina fulica* الذى يمكن أن ينمو فى الطول الى اكثر من ٣٠ سم الذى جذب الانتباه الى استخدامه كماده علفيه لحيوانات المزرعه- اوضحت نتائج الدراسات أن تغذية اسماك البلطى النيلى المرباه فى اقفاص على عليقة احتوت على القواقع المقطعه من نوعى **Melanoides** ، **Stenomelania** مع رجيع الكون ادت إلى زيادة مقدارها ٢٥% فى معدلات الاوزان مقارنه بالاسماك التى لم تغذى على هذه العليقه.

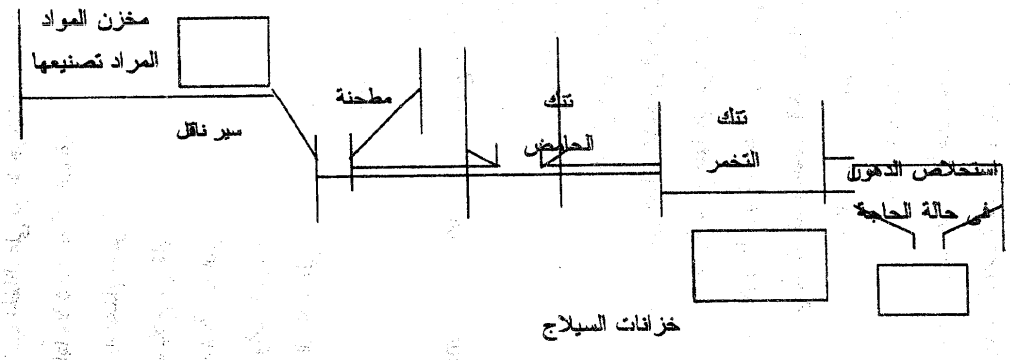
د) يرقات الذباب: **Fly larvea**

أوضحت نتائج العديد من الدراسات التى أجريت على أسماك السالمون أن يرقات ذباب *Musca dmestica* تتساوى فى قيمتها الغذائية كمادة بروتينية مع بروتين السمك المجفف. بالرغم من أن يرقات الذباب لا تنتج على المستوى التجارى فانه يقترح الاعتماد على وجود يرقات الذباب فى المخلفات الزراعة يمكن أن يساعد فى رفع القيمة الغذائية لهذه المخلفات وقد وجد أن بروتين يرقات الذباب يحتوى على كميات زائدة من الأحماض الأمينية التى تحتاج إليها أسماك السالمون.

هـ) السيلاج: Silage

ويقصد بالسيلاج فى هذا الصدد النواتج السائلة أو النصف صلبه المصنعة من مواد حيوانية (عاده ما تكون نواتج ثانوية أو أعضاء لا تستهلك من قبل الإنسان) الغير مضاف إليها أى مواد أخرى عدا الأحماض حيث تعتمد عملية تحويلها الى الصورة السائلة على الأنزيمات الموجودة فى المادة الحيوانية المطلوب تحويلها الى سيلاج. ومعظم النتائج التى تم التحصل عليها فى عمل السيلاج كانت من خلال عمليه الإستفادة من أجزاء الأسماك عديمة القيمة الاقتصادية أو بقايا تصنيع الأسماك من الرأس والزعانف وكذلك الجلد والأحشاء. والأساس فى تصنيع السيلاج هو طحن أو تقطيع المادة المراد عمل السيلاج منها إلى قطع صغيره (فرمها) وذلك لضمان توزيع الإنزيمات المتواجدة بها على كميه مادة السيلاج كلها بالتساوى ثم تعامل المادة بعد ذلك بالأحماض وذلك للوصول الى درجة الـ pH المناسبة لفعل الإنزيمات وكذلك لمنع النشاط البكتيرى على المادة المراد سيلجتها. وتتم عمليه تحويل المادة المستخدمة الى الصورة السائلة بسرعة حيث يكون السائل الثابت على درجة جيده من الثبات ويمكن تخزينه أو تجفيفه فى صوره مادة علفية. والشكل التالى (شكل ٣-١) يوضح عمليه إنتاج السيلاج بطريقة صناعية جيده.

تتوقف كميه الحامض المستخدمة فى عمل السيلاج على طبيعة الحامض المستخدم وكذلك المادة المراد معاملتها. وقد اتجهت الأنظار الى حمض الفورميك كحامض يستخدم فى إنتاج السيلاج حيث أن السيلاج الناتج بالمعاملة به لا يحتاج الى معادلة الحامض قبل استخدامه فى تغذية الأسماك. إذا ما استخدمت الأحماض المعدنية مثل حمض الكبريتيك أو الايدروكلوريك فان السيلاج الناتج يحتاج معادلة كميه الحامض الزائدة به قبل استخدامه فى التغذية.



شكل (٣-١) يوضح إنتاج السيلاج صناعياً

وعمـــوما فانـــه يجب الحفاظ على درجة حموضة pH السيلاج ما بين ٤-٤,٥ درجة حتى يظل ثابتاً ولا يحدث به تخمرات غير مرغوبة. ويمكن الوصول الى درجة الحموضة السابقة باستخدام حمض الفورميك تركيز ٩٨% بمعدل إضافة مقـــداره ٣% عند عمل السيلاج من بقايا الأسماك المفرومة أو بمعدل ٣,٥% من نفـــس الحـــامض تركيز ٨٥% هذه الدرجة المنخفضة من الحموضة تمنع نشاط البكتريا التى تؤدى الى فساد وتخمر السيلاج وكذلك تمنع نمو الفطريات الضارة من النمو بالسيلاج المنتج ويظل السيلاج على درجة جيده من الثبات. هذا وقد وجد أن استخدام خامات ذات محتوى عالى من الدهن فى عمل السيلاج ممكن أن يؤدى الى بعـــض المشـــاكل ففى هذه الحالة قد تتعرض الدهون فى خامات السيلاج الى التزنخ الأوكسيدى Oxidative rancidity وبالتالى ترتفع كميه الدهون فى الســـيلاج الناتج بطريقة غير مرغوبة ويمكن التغلب إلى حد ما على مشاكل التزنخ وذلك بإضافة بعض مضادات التأكسد الى السيلاج ولكن من الأفضل هو التخلص مـــن بعـــض الدهون الموجودة فى مادة السيلاج الخام قبل تصنيعه تلافيا لحدوث مشـــاكل أكسده الدهن. ويمكن التخلص من كميات محدود من الدهن قبل عمل الســـيلاج وذلك بتسخين المادة المراد إنتاج السيلاج منها على درجة ٦٧-٧٠°م ثم تدويـــرها باســـتخدام الطـــرد المركزى الذى يساعد على فصل طبقة من الدهن. والتركيب الكيماوى للسيلاج الناتج يكون مقاربا للتحليل الكيماوى للمادة الخام فـــيما عدا محتوى السيلاج من الرطوبة الراجع الى استخدام الحامض. وعموما فان معظـــم أنـــواع الســـيلاج تحتوى على ما بين ٧٠-٨٠% رطوبة. يمكن تجفيف السيلاج الناتج واستخدامه فى إنتاج محببات أعلاف الأسماك وعلائقها - أو يمكن اســـتخدامه رطباً مباشرة فى إنتاج الأعلاف النصف جافة (النصف رطبة). عند ما استخدام السيلاج فى إنتاج الأعلاف النصف رطبة فيجب إضافته الى مخلوط العلف

الجاف (مواد وخامات علفية جافة) وذلك لخفض نسبة الرطوبة فى المخلوط الناتج الى حـــوالى ٢٥% مـــع إضافة مواد رابطه جيده فى حالة تصنيع العلف فى صوره محببات لمنع تفكك حبوب العلف فى المادة عند تغذية الأسماك عليها.

اســـتخلصت العلائـــق الـــتى يدخل فى تصنيعها السيلاج بنجاح فى تغذية أسماك الســـالمون بالنرويج ولكن لا توجد مؤشرات عن استخدامها فى تغذية أسماك البلطى إلا أن بعـــض الدراســـات التى أجريت فى مصر أوضحت الى إمكانية استخدام السيلاج المصنع بطـــريقة الحامض أو بالتخمر ببعض أنواع البكتريا بمعدلات تتراوح ما بين ١٥-٢٥% فى تصنيع أعلاف البلطى دون التأثير على معدلات نمو هذه الأسماك.

و) المخلفات والنواتج العرضية: Sludge and waste products

ازداد الاهـــتمام فى الســـنوات الأخيرة بضرورة الحفاظ على المصادر الطبـــيعة من التلوث البيئى بشتى صوره وكذلك التركيز على إعادة استخدام جمـــيع المخلفـــات الناتجة عن النشاط الزراعى والصناعى على مستوى العالم. فالمخلفـــات الصناعية المتاحة نتيجة عمليات التعبئة والتغليف والتصنيع تشكل العديـــد مـــن المشاكل البيئة مما جذب الانتباه الى محاولة إعادة استخدام هذه المخلفـــات فى علائق الأسماك. حيث أيضاً تم استخدام مخلفات تصنيع الأدوية والعقاقير كإضافات غذائية فى أعلاف أسماك البلطى.

أيضاً تم استخدام لب البن فى إنتاج أعلاف بعض أنواع الأسماك حيث أثبتت الدراسات فى هذا الصدد ان مخلفات القهوة ذات قيمة غذائية مرتفعة. فقـــد اشارت بعض الأبحاث على غمكانية إحتواء علائق اسماك البلطى عند تغذيته على ٣٠% من هذه المادة حيث أمكن لهذه الأسماك تحويلها الى لحوم فى أجسامها بطريقة وبكفاءة عالية وكان استخدام هذه المادة فى إنتاج أسماك

البلطـــى اقتصاديا. ارتبط الاستزراع السمكى باستغلال مخلفات المجارى فى بعـــض بلاد العالم حيث الاستزراع السمكى بهذا الشكل أحد الأبعاد التى يمكـــن اســـتخدامها لزيادة ما تنتجة وحده المساحة من الأسماك. ونظراً لان الجـــزء الأكبر من الرواسب فى مخلفات المجارى المنشطة والمعالجة يتكون من البكـــتيريا وكـــذلك الـــبروتوزوا فأجسام هذا الكائنات تعتبر من بروتينات الكائنات وحيده الخلية. وترجع قيمة استخدام هذه المخلفات كغذاء للأسماك الى محـــتواها العـــالى من الكائنات الدقيقة النشطة فى النمو وكذلك مقدرتها العالية فى تحليل المخلفات.

ومخلفات الرواسب النشطة المحضرة

Activated sludge single cell protein

المحضـــرة جـــيدا عبارة عن مادة بنية اللون متماثلة نوعا ما وذات قيمة غذائية تقتـــرب مـــن قيمة الخميرة أو من قيمة الحبوب الغنية فى البروتينات الغذائية. والمخلفـــات المعالجـــة تعتبر مصدراً جيداً للبروتين والعناصر المعدنية وكذلك مجمـــوعة فيـــتامين ب المـــركب خاصة فيتامين ب-١٢. بالرغم من مميزات مسحوق المخلفات النشط والمعالج كمادة علف إلا انه من بعض عيوبه انه غير مستســـاغ ومعاملات هضم مكوناته منخفضة وافتقاره الى الأحماض الأمينية المحـــتوية على الكبريت وكذلك احتمالات احتوائه على بعض العناصر المعدنية الســـامة أو بنســـب غير متزنة غذائيا مع وجود بعض أنواع البكتريا المرضية وكذلك وجود بعض السموم والمركبات المسببة للسرطان بالإضافة الى رائحته الغير محببة.

فى الوقت الحالى هناك اعتراضات من الجماهير على استخدام هذه المواد كخامات علفية بالإضافة الى ارتفاع تكلفة معالجتها وهما العنصران المؤثران فى

عدم التوسع فى إنتاج مثل هذه الخامات على النطاق الواسع. وبالرغم من ذلك فـــان الحاجه الملحة للتخلص من المخلفات بالإضافة الى ارتفاع أثمان خامات مواد العلف البروتينية سيكون لها الأثر الكبير فى تحديد مستقبل إنتاج واستخدام مثل هذه المخلفات كمواد علف فى علائق الأسماك.

أظهرت نتائج بعض البحوث أن استخدام مركزات المخلفات النشطة فى علائق أسماك التروت أدى الى الحصول على معدلات نمو جيده. أمكن أيضاً اســـتخدام مخلفـــات الصرف النشطة فى تكوين علائق كل من أسماك المبروك وكذلك القراميط حيث كانت نتائج استخدامها فى علائق أسماك المبروك واعدة ومبشرة و لم تكن بنفس المستوى فى أسماك القرموط. وحتى الآن لا توجد نتائج عن استخدام المخلفات النشطة فى تغذية أسماك البلطى إلا أنه لا توجد نتائج عن استخدام المخلفات النشطة فى تغذية أسماك البلطى إلا أنه هناك بعض النتائج عن استخدامها فى أحواض أسماك البلطى فى تايلاند لتنميه الغذاء الطبيعى.

ز) مخلفات تصنيع الألبان: Milk processing by-products

يـــتخلف عن تصنيع الألبان بعض النواتج العرضية مثل شرس اللبن أو اللـــبن الجاف أما اللبن الجاف منزوع الدهن فيحتوى على ٣٤% من البروتين ويحتوى الكازين النقى على اكثر من ٨٠% من البروتين ويعتبر من البروتينات القياســـية ويســـتخدم فى تكوين علائق الأسماك النقية والنصف نقية عند عمل خلطات أعلاف تجريبية للأسماك.

وتحتوى مخلفات تصنيع الأسماك على معظم الأحماض الأمينية الضرورية بالإضافة الى سهوله هضمها.

ط) الجيلاتين: **Gelatin**

الجـــيلاتين من البروتينات ذات القيمة الغذائية العالية وينتج من جلود الحـــيوانات وأرجلـــها يحتوى الجيلاتين النقى على حوالى ٨٨-٩٢% بروتين ويذوب فى الماء الساخن ويتجمد عند تبريده ويستخدم كمادة رابطة فى إنتاج الأعـــلاف على صورة حبوب ويستخدم أيضاً فى تكوين العلائق النصف نقية للأسماك وهو يفتقر الى الحمض الأمينى التربتوفان.

المصدر الثانى: مصادر الطاقة **Energy sources**

وهـــى المصادر التى تمد الأسماك باحتياجاتها من الطاقة اللازمه للأنشطة المخـــتلفة بالجسم وكذلك النمو والتكاثر. وعموماً فانه توجد ثلاثة أقسام من الخامـــات العلفية والمركبات التى يمكن للأسماك استخدمها فى إمداد أجسامها بالطاقة اللازم وهى:

أ) **البروتينات:** وتستطيع الأسماك الحصول على احتياجاتها من الطاقة من خلال تمثيل البروتينات إلا أن البروتين سواء فى صورة مصادره النباتية أو الحيوانية يعتـــبر مصدراً مرتفع السعر بالنسبة لإنتاج الطاقة. وقدرت محتوايات الجرام الواحد من البروتين من الطاقة بحوالى ٥,٥٠ سعر كبير للجرام. وينصح عن تكوين علائق الأسماك بقدر الإمكان مراعاة أن تتناسب مستويات البروتين فى العليقة مع الاحتياجات الفعلية منه للنمو حتى لا يستخدم الفائض الزائد عن الحاجه فى إنتاج الطاقة مما يجعل استخدام العلائق غير اقتصادى.

ب) **الكـــربوهيدرات:** وهى من المصادر الرخيصة للطاقة فى أعلاف الأسماك الـــتجارية وتتنوع مصادرها ما بين مكونات تحتوى على كميات كبيرة من الطاقة (مصادر عالية) أو مصادر متوسطة الطاقة ومصادر منخفضة الطاقة.

وتحتوى المصادر العليفه الكربوهيدراتية على حوالى ٤,١ كيلو كالورى/جم فى المتوسط.

د) **الدهـــون:** وهـــى مـــن المصادر الغنية فى الطاقة وتشمل الدهون الحيوانية Animal fats الـــزيوت النباتية Plant oils وهى تعتبر من اغنى مصادر الطاقة وتستطيع الأسماك هضمها وتمثيلها الى طاقة فى أجسامها بكفاءة عالية وتحتوى الدهون والزيوت على حوالى ٩,١ كيلو كالورى لكل جرام منها. وسوف نناقش فى هذا الجزء مصدرى الطاقة الهامين فى تغذية الأسماك وهى الكربوهيدرات والدهون.

أ) **المصادر الكربوهيدراتية: Carbohydrate sources**

بالـــرغم من أن محتوى الطاقة فى المواد الكربوهيدراتية اقل من محتوى الـــبروتين والدهـــون مـــن الطاقـــة. وتحتوى الحبوب على ٦٠-٧٠% من الكربوهيدرات أساساً فى صورة نشا وتعتبر الحبوب وكذلك منتجاتها العرضية مـــن أرخص مصادر الطاقة العلفية. بالنسبة للأسماك لا توجد مقررات محددة لاحتـــياجاتها من الكربوهيدرات وذلك لقدرتها على تخليق الكربوهيدرات من كل من الدهون والبروتينات فى أجسامها. وبالرغم من ذلك فان مصادر الحبوب الكـــربوهيدراتية تســـتخدم فى تصنيع أعلاف الأسماك لما لها من فعل توفيرى على البروتين Protein-sparing energy source كمصدر للطاقة. أيضاً تلعب الكـــربوهيدرات دور المادة الرابطة عند تصنيع أعلاف الأسماك المحببة pellets وتلعب كذلك دور العامل المالئ الذى يؤدى دوراً فى الشعور بالشبع والأسماك باعتبارها من الفقاريات العليا التى تظهر أعراض ارتفاع سكر الدم خلال عمليه تمثيل الكربوهيدرات بأجسامها وهذا ما يعنى عامه أن مستوى الكربوهيدرات

المهضومة فى أغذيتها يجب أن يكون محددا ولا يصح أن يزيد عن قدرتها فى تمثيل هذه الكربوهيدرات.

لا تـــوجد معلـــومات عـــن مـــدى قـــدرة أسماك البلطى علي تمثيل الكربوهيدرات ولكن البيانات المتاحة عن تغذية أسماك القرموط فيما يخص تمثيل الكربوهيدرات بأجسامها التى تشابه الى حد ما تلك الخاصة بالبلطى تشير الى أن العلـــيقة المحتوية على ٢٥% من نشا الذرة تكون مساوية لحوالى ١٢% من الدهـــون فى العليقة كمصدر للطاقة مع ملاحظة ان معدلات هضم النشا تبلغ ٦٣% والدهون تبلغ حوالى ٧٥% وهى ما تنتج قيم للطاقة المهضومة مقدارها ٢,٦، ٦,٨ كـــيلو كالورى/ جم للكربوهيدرات والدهون على التوالى وهذا يعـــنى أن كـــل ٢,٢٥جم من نشا الذرة يعادل ١ جم من الدهون من ناحية إنتاجـــية الطاقـــة ومحتوى الطاقة فى كل منها. وهذا يدل علي إمكانية تخفيض مســـتوى الطاقـــة فى العليقه كبديل لطاقة الكربوهيدرات فى الاحتفاظ بنفس مســـتوى الطاقة فى الأعلاف. أظهرت نتائج بعض البحوث الحديثة أن أقصى مســـتوى للكـــربوهيدرات فى علائق معظم أنواع الأسماك يجب أن لا يتعدى ٢٥% وهـــذا ما يكافئ ٤٠% من نشا الذرة مع الأخذ فى الاعتبار أن معامل هضمه ٦٣%.

ومحتوى مواد العلف من الكربوهيدرات يمكن تقسيمه الى الكربوهيدرات المهضومة Digestible carbohydrates الألياف Fibers. والكربوهيدرات المهضـــومة يتم حساب كمياتها على أساس أن متوسط معامل هضمها فى الأسماك حـــوالى ٦٠%. أمـــا بالنسبة للألياف تلك المكونات التى تحتوى على معتمد من الســـكرات العديـــدة كما هو الحال فى المواد النباتية فهى معظمها من السليولوز.

ويعتبر السليولوز هو المكون الأساسى للألياف والأسماك لا تنتج الأنزيمات المحللة له ولذلك لا تستطيع الأسماك الاستفادة منه.

وقـــد أمكن إثبات وجود نشاط لإنزيم السليوليز **cellulase** المحلل للســـليولوز فى أمعـــاء بعض أنواع من الأسماك نتيجة لنشاط بعض الكائنات الدقـــيقة المتواجدة فى أمعاء هذه الأسماك وليس نتيجة إفرازه من خلال قنواتها الهضـــمية. ومن الناحية العملية للتغذية فانه لا يمكن اعتبار الألياف بأى حال مصدراً من مصادر الطاقة للأسماك. والمستويات المرتفعة من الألياف فى علائق الأسمـــاك تـــؤدى الى انخفاض معدلات نمو الأسماك المغذاة عليها أما المستويات المنخفضـــة منها فى أعلاف الأسماك تؤدى الى زيادة استساغه العليقة. وبالنسبة لغالبية أنواع الأسماك فان محتوى العلائق من الألياف لا يجب أن يتعدى نسبة ٨ % والجـــدول التالى (جدول ٣-١) يوضح مدى استساغه بعض مواد العلف بالنسبة للأسماك.

وأسمـــاك المـــياه الدافـــئة تســـتطيع أن تهضم حوالى ٦٠-٧٠% من كربوهيدرات الحبوب وقد وجد أن طبخ أو معامله هذه الحبوب حرارياً يؤدى الى زيـــادة معدلات هضم المواد الكربوهيدراتية بها من ١٠-١٥ % وتنقسم مصادر الكربوهيدرات الى الأقسام التالية:

(١) الكربوهيدرات ذات المحتوى العالى من الطاقة.

أ) الذرة: Corn

وتســـتخدم الـــذرة الشـــامية أو الصفراء أو الذرة العويجة فى تكوين أعلاف الأسمـــاك بمعـــدلات تتراوح ما بين ٣٠-٦٠% وذلك حسب احتياجات النوع من الطاقة. والذرة غنية بالطاقة ولكنها فقيرة فى البروتين والألياف والرماد وتحتوى

على نسبة متوسطة من الدهون ويجب جرشها جيدا قبل استخدامها فى تكوين أعلاف الأسماك. وتحتوى الذرة الصفراء على حوالى ١٠% بروتين خام، ٣ % دهن خام.

ب) ذرة المكانس:

وهـــى اقل فى القيمة الغذائية من الذرة الشامية أو الذرة الصفراء فى محتواها من الطاقة ولو أنها تزيد فى محتواها من البروتين ولا يجب أن تزيد نسبها فى الأعلاف عن ٢٥%.

جـ) حبوب القمح:

تســـتخدم حـــبوب القمـــح فى غذاء الإنسان إلا أن كسر القمح والحبوب الكامنـــة ذات النوعية المخفضة والتى لا تصلح للغذاء الآدمى يمكن استخدامها فى إنتاج أعلاف الأسماك وعموماً فالعامل المحدد لاستخدامه فى أعلاف الأسماك هو مدى توفره وســـعره بالنســـبة لأنـــواع الحبوب الأخرى- والقمح مصدر جيد للطاقة فى أعلاف الأســـماك ويســـتخدم بمعدل ١٥% من العليقة فى الأسماك المفترسة وبمعدل ٣٠% فى أعلاف الأسماك عشبية التغذية ويجب أن يطحن جيداً قبل خلطه فى أعلاف الأسماك مع المكـــونات الأخـــرى ويستخدم دقيق القمح بكميات بسيطة كمادة رابطه عند إنتاج الأعلاف السمكية المحببة فى صورة Pellets .

د) الأرز:

وهو من الحبوب الكربوهيدراتية التى تستخدم فى غذاء الإنسان إلا أن كســـر الأرز الـــناتج من تخضيره وتبيضه يستخدم فى تغذيه الأسماك خاصة فى

المناطق التى يزرع بها الأرز وهو يعتبر من اعلى مصادر الطاقة بعد الذرة ويمكن أن يحل محل الذرة فى حدود ٢٥-٣٥% فى علائق الأسماك.

جدول (٣-١) يبين استساغه بعض العلف فى الأسماك

مادة علف	كثافة المادة/كجم/ م٣	الاستساغة
برسيم حجازى مخفف	٢٥٠ - ٢٨٠	قليلة
مسحوق الدم	٦١٠	قليلة
مخلفات حبوب تصنيع البيرة	٢٢٠ - ٢٤٠	قليلة
اللبن الجاف	٤٩٠	قليلة
كسب الكوبرا	٤٣٠	قليلة
كسب بذرة القطن مستخلص	٥٩٠ - ٦٤٠	متوسطة
مخلفات التقطير	٢٨٠ - ٣٠٠	قليلة
السمك المخفف	٤٨٠ - ٦٤٠	متوسطة الى قليلة
كسب الفول السودانى مستخلص	٤٦٠	عالية
مسحوق أوراق الكتافة	٢٥٠ - ٢٨٠	قليلة
كسب الكتافة مستخلص	٥٩٠ - ٦٤٠	عالية
مجروسن الذرة	٦٠٠ - ٦٤٠	عالية
كسب الخروب	٥٠٠	قليلة
رجيع الأرز	٣٢٠ - ٣٣٠	قليلة
مخلفات تبيعة الارز	٤٨٠	متوسطة
كسب فول الصويا مستخلص	٦٥٠ - ٦٧٠	عالية
كسب فول الصويا	٥٦٠ - ٦٠٠٠	عالية
دقيق القمح	٦٠٠ - ٦٢٠	عالية
رده ناعمة	١٧٠ - ٢٥٠	منخفضة
شرس اللبن الجاف	٥٦٠ - ٧٣٠	منخفضة

هـ) مخلفات تصنيع البطاطس والبسكويت:

بالنسبة لمخلفات تصنيع البطاطس فهناك كميات كبيرة تنتج من تصنيع البطاطس الشيبسي فى صورة مخلفات وهى من المخلفات الغنية بالطاقة لما تحتويه من كربوهيدرات بالإضافة الى بعض الدهون المستخدمة فى إعداد هذا المنتجات ويمكن لمخلفات البطاطس أن تدخل فى تصنيع أعلاف الأسماك لتحل محل حوالى ٢٥-٥٠% من الذرة الصفراء ومخلفات البسكويت تنتج من كسر البسكويت خلال عمليات تصنعيه وتعبئته وهذه المخلفات تحتوى على نسبة عالية من الكربوهيدرات والسكريات الذائبة وقد أمكن استخدامها بنجاح فى تغذية أسماك البلطى والمبروك وكذلك الدواجن.

ز) مخلفات تصنيع المكرونة:

وهى عبارة عن كسر المكرونة المصنعة والتى لا تصلح للاستهلاك الآدمى ويمكن استخدامها كمصدر جيد للطاقة فى علائق الأسماك وتستخدم فى مصر كمادة علف منفردة فى مزارع أسماك البلطى والمبروك المشتركة وتقبل الأسماك عليها- تستخدم مخلفات المكرونة بعد جرشها جيدا وتخلط مع مواد العلف الأخرى المكونة للعليقة عند استخدامها كمصدر علف منفرد تعلق فى أكياس داخل الأحواض حتى تصبح لينة وتقدم الأسماك بالتغذية عليها.

٢) المصادر الكربوهيدراتية ذات المحتوى المتوسط من الطاقة:

أ) الشعير:

حبوب الشعير تحتوى على تركيزات متوسطة من الطاقة اقل من محتوى حبوب القمح والذرة حيث يستخدم الشعير بمعدلات لا تزيد عن ٢٥% فى تكوين أعلاف الأسماك ويجب جرش حبوب الشعير قبل خلطه فى أعلاف الأسماك لتلافى اثر الطرف الحاد

للحـــبوب على القناة الهضمية للأسماك. وأثناء عمليه إنتاج البيرة من حبوب الشعير بالتخمير يتم التحصل على بعض النواتج العرضية.

ب) الردة: وهى من نواتج طحن حبوب القمح لإنتاج الدقيق ومنها درجتان هما:

١) الردة الناعمة:

تحـــتوى علـــى نسبة من الألياف الخام فى حدود ٨% وتحتوى على تركيـــزات متوسطة من الطاقة ويجب أن لا تتعدى نسبة استخدامها فى علائق الأسمـــاك الـــتجارية عـــن ١٠% من إجمالى العليقه نظرا الارتفاع محتواها من الألياف التى لا تهضم فى أمعاء معظم الأسماك المستزرعة. وتلعب الردة دوراً فى تغذية الأسماك فى الشعور بالامتلاء والشبع ووجودها بالنسبة المسموح بها يعمل علـــى تحســـين الاســـتفادة من مكونات الغذاء وحركة الكتلة الغذائية بالقناة الهضمية وتبلغ نسبة البروتين الخام فى الردة الناعمة حوالى ١٣-١٤% وتحتوى على بعض الفيتامينات الذائبة فى الماء.

٢) الردة الخشنة:

وهـــى أيضاً من نواتج طحن القمح للحصول على الدقيق ودرجتها الغذائية اقل مـــن الردة الناعمة حيث يصل محتواها من الألياف الخام الى ١٥% ومحتواها من الطاقة اقل من الردة الناعمة لذلك فاستخدامها فى تغذية الأسماك اقل من استخدام الردة الناعمة.

جـ) رجيع الكون:

وهـــو مـــن نـــواتج مضارب الأرز ويعتبر من أرخص مصادر الطاقة المســـتخدمه فى تكـــوين علائق الأسماك. الرجيع الناتج من ضرب الأرز الغير مستخلص يحتوى على نسبة عالية من الزيوت قد تصل الى ١٥% لذلك يفضل

استخدامه مباشرة فى تكوين العلائق وعدم تخزينه لمده طويلة تلافياً لعملية التزنخ التى قد تحدث أثناء التخزين - بعض المعاصر تقوم باستخلاص الزيت من رجيع الكـــون ليتبقـــى رجيع الكون المستخلص وهو خالى من الزيوت ويمكن تخزينه جافـــاً لمدة طويلة دون ان يتزنخ - ويحتوى رجيع الكون المستخلص أى الخالى من الزيوت على حوالى ١٠% من الألياف الخام ونسبة من البروتين فى حدود ١٢% ويمكن إضافته الى علائق الأسماك بمعدلات لا تزيد عن ١٠%.

د) البرسيم المجفف:

يـــتم إنتاجه من خلال عملية تجفيف البرسيم الزائد عن الحاجه خلال موسم زراعته إما بالتجفيف الشمسى لنبات البرسيم على حوامل خشبية حيث يتعـــرض اكبر مسطح من عيدان البرسيم الى أشعة الشمس أو بطريقة التجفيف الصناعى من خلال مجففات خاصة حيث يطحن بعد تمام تجفيفه ويعبأ. ويحتوى البرســـيم الجـــاف على حوالى ٢٠% من البروتين الخام وحوالى ٢٠٠٠ كيلو كالـــورى/ طاقـــة كلـــية/ كجم. ويمكن استخدام البرسيم فى تكوين أعلاف الأسماك أكلة العشب مثل مبروك الحشائش والمبروك الفضى بمعدلات تتراوح ما بـــين ٢٠-٣٠% وكذلك فى تغذية الأسماك المفترسة على أن لا تتعدى نسبة استخدامه عن ٥% من إجمالى العليقة.

هـــ) أوراق أشجار الليوكينا:

وهـــى من الأشجار الاستوائية وأكثرها انتشار فى هذه المناطق أشجار الليوكيـــنا سريعة النمو متعددة الفروع ويمكن جمع الأوراق منها مرة كل شهر وتتميز أوراقها باحتوائها على نسبة عالية من البروتين (٢٦%) ونسبة متوسطة مـــن الطاقة ويمكن إحلال بروتين أوراق الليوكينا محل ١٥-٢٠% من بروتين

العلـــيقة فى علائق أسماك المبروك والبلطى النيلى. وينتج الفدان حوالى ٩ طن/ مادة جافه / سنة من أوراق الليوكينا تحتوى على ٢,٣ طن من البروتين الخام. وقد نجحت زراعة هذه الأشجار فى مصر على المستوى التجريبى ويتأثر إنتاجها بنقص مياه الرى وانخفاض درجة الحرارة.

ثانيا: الزيوت والدهون: Oils and Fats

تســتخدم الدهـــون والـــزيوت فى تغذية وعلائق الأسماك كمصدر للطاقة وكمصـــدر للأحمـــاض الدهنية الضرورية Essential fatty acids وكذلك كغطـــاء أو غلاف خارجى لأعلاف الأسماك المحبة Pellets للحفاظ على محبيات العلف من التفكك والتعرض لفقدان تجانس محتوياتها.

تعمـــل الدهـــون المضافة الى أعلاف الأسماك على تقليل كميات الأتربة وغـــبار مكونات العلف أثناء التصنيع - الدهون الحيوانية تحتوى على أحماض دهنية مشبعة وهى مصدر فعال للطاقة خاصة لأسماك المياه الدافئة والباردة. أما الزيوت النباتية فأسعارها مرتفعه مقارنة بالدهون الحيوانية وذلك لاستخداماتها الكثيرة فى تغذية الإنسان وتعتبر الزيوت مصدراً جيدا للطاقة فى علائق الأسماك. وزيوت الأسماك البحرية تستخدم فى علائق أسماك التروت والسالمون وكذلك الأســـماك البحرية المستزرعة وذلك لاحتواء هذه الزيوت على الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع من النوع أوميجا ٣. وتحتوى زيوت الأسماك البحرية على حوالى ٢٠% من تركيبها من الأحماض الدهنية ذات السلسلة الكربونية الطويلة (أكثـــر مـــن ٢٠ ذره كربون) من النوع أوميجا ٣. الدهون الحيوانية والزيوت النباتية لا تحتوى على أحماض دهنية أطول من ١٨ ذره كربون مع استثناء زيت فول الصويا وزيت بذرة الكتان الذى يحتوى على كميات بسيطة من أحماض

اومـــيجا ٣-الدهنـــية. وزيت أسماك القرموط الذى يعاد استخدامه فى تكوين علائق نفس الأسماك يتشابه فى محتواه من الأحماض الدهنية الحيوانية الأخرى بما فيها دهون الدواجن.

وعمـــوما تعتبر الدهون والزيوت مصدراً جيداً للطاقة فى علائق الأسماك حـــيث يحـــتوى الجـــرام الـــواحد منها على ضعف كميه الطاقة الموجودة فى الكربوهيدرات والبروتينات. و تشير الدراسات أن محتوى علائق أسماك التروت والمبروك وكذلك القرموط تحتوى على أقل من ٨٠% من تركيبها من الدهون حـــيث أن المستوى الأعلى من ذلك يؤدى الى مشاكل فى عملية التصنيع من خـــلال إنتاج الأعلاف فى صوره محببات. أمكن التغلب على مشاكل تصنيع الأعـــلاف المحـــتوية على كميات كبيرة من الزيوت والدهون خاصة إذا كان الدهن أو الزيت سيلعب دوراً فى توفير البروتين كمصدر للطاقة ذلك من خلال إضافة هذه الدهون أو الزيوت الى حبوب العلف بعد إنتاجها فى صوره رزاز. عمـــوما لا تستطيع الأسماك هضم جميع الزيوت أو الدهون التى تتناولها بشكل كامـــل. أوضحت نتائج بعض الدراسات أن معامل هضم الدهون والزيوت فى أسمـــاك التـــروت حوالى ٩٤% وهو ما يعادل ٨,٥١ كيلو كالورى/جم من الطاقـــة المهضـــومة. أوضحت نتائج بعض الدراسات أن أسماك البلطى الاوربا والنيلـــى انه يمكن خفض مستوى بروتين العليقة من ٤٠ الى ٣٠% فى علائق هذه الأسماك (متوسط وزن ٢٥جم) باستخدام علائق تحتوى على ١٢% دهون مع ملاحظة أن هذه العليقة المحتوية على ٣٠% بروتين، ١٢% دهون قد تؤدى الى انخفـــاض بسيط فى أداء النمو مع تحسن فى معامل تحويل البروتين العلفى. زيادة محتوى العلائق من الدهون عن ١٢% تؤدى الى انخفاض ملحوظ فى أداء عن الأسماك وكذلك زيادة محتوى أجسامها من الدهون.

وفـــيما يـــتعلق بالدهون والزيوت كمصدر للأحماض الدهنية الضرورية فاحتياجات الأسماك منها تختلف باختلاف نوع الأسماك وكذلك درجة حرارة الماء بالإضافة الى مدى توافر الغذاء الطبيعى فى البيئة المحيطة. وتعرف الأحماض الدهنية تبعا لطول سلسلتها الكربونية وكذلك عدد الروابط الزوجية بين ذرات الكـــربون وكذلك موقع الرابطة الزوجية الأولى من مجموعة المثيل الموجودة فى نهاية الحمض الدهنى. فمثلا الحمض الدهنى 18:2W6 يحتوى على رابطتين زوجيـــتين الأولى مـــنها تظهـــر على ذره الكربون رقم ٦. المجموعة المعروفه بالاوميجا ٦ لحمض اللينوليك تكون اكثر تشبعا من مجموعة اوميجا ٣ ω3 لحمض اللينولنك وعموما فكلما زاد عدم التشبع ترتفع درجة انصهار الحمض الدهنى. وتحتاج الحيوانات اللارضية (ذات الدم الحار) الى الأحماض الدهنية من النوع او ميجا ٣ الضرورية فى حين تحتاج الحيوانات المائية إلى الأحماض الدهنية مـــن الـــنوع أومـــيجا ٦ (أسماك المبروك ، ثعبان السمك ، أسماك السالمون ، القشريات) وذلك لطبيعة البيئة المائية ذات درجات الحرارة المنخفضة عن البيئة الهوائية. ونظرا لعدم التشبع الكبيرة فى الأحماض الدهنية من النوع اوميجا ٦ ، أوميجا ٣ فإنها تتعرض للأكسدة السريعة خلال عمليات التخزين لمدة طويلة أو عند تعرضها للحرارة وكذلك الرطوبة وتؤدى عملية تأكسد الأحماض الدهنية الغـــير مشبعه الى تزنخها وتغير رائحتها الى الرائحة المتزنخة وتقاس عملية التزنخ بقـــيمة رقم البيروكسيد Proxide value وبناء على ذلك فقيم البيروكسيد للدهـــون المســـتخدمة فى تكوين علائق البلطى يجب أن لا تتعدى ٤ والجدول الـــتالى (جـــدول ٣-٢) يوضح محتوى بعض الزيوت والدهون من الأحماض الدهنية اوميجا ٣ ، ٦.

المصدر الثالث: مواد العلف الخضراء Green fodders

وتشمل النباتات العشبية الخضراء مثل البرسيم والبرسيم الحجازى وحشيشة الراى وتستخدم فى إنتاج أعلاف الأسماك نباتية التغذية بعد تجفيفها وطحنها ويختلف المنتج تبعا لطريقة التجفيف وكذلك أجزاء النباتات التى تم تجفيفها حيث يتباين فى التركيب الكيماوى له وبالتالى فى قيمته الغذائية. فمثلا إذا تم تجفيف أوراق البرسيم فقط دون السيقان فان المسحوق الناتج يحتوى على نسبة من البروتين الخام تتراوح ما بين ١٨-٢٠% وتبلغ نسبة الألياف به حوالى ٢٢% ومسحوق أوراق البرسيم يمكن استخدامه بنسبة لا تتعدى ٥% فى علائق الأسماك المفترسة ويمكن أن يحل محل ١٠% من بروتين العليقه فى علائق الأسماك عشبية التغذية.

وتشير نتائج البحوث الى أنه يمكن أن يحل مسحوق أوراق البرسيم محل ٣٥ % من بروتين علائق أسماك البلطى الموزمبيقى. وأوراق نبات ورد النيل وهو نبات مائى ينتشر فى نهر النيل وفروعه ويمثل مشكله لمستولى الرى حيث انه مع تكاثره الشديد يعمل على سد مجارى المياه - أشارت نتائج البحوث الأولية الى إمكانية استخدام أوراقه فى تغذية الأسماك حيث تحتوى على ٣٠% من البروتين الخام وحوالى ٦% من الدهن الخام و٦-٧% من الألياف. تشير نتائج الدراسات الى إمكانية استخدامه بنسبة تتراوح من ٢٠-٣٠% فى علائق أسماك البلطى بعد تجفيفه ويعاب على نبات ورد النيل أن محتواه من الماء عالى جدا وان عمليه تجفيفه صناعياً تحتاج الى طاقة مما يجعله مكلفاً.

جدول (٣-٢): محتوى بعض مصادر الزيوت والدهون من الأحماض الدهنية الضرورية.

نوع الدهن أو الزيت	محتوى الجليسريدات التخزين الأحماض الدهنية					
	أحماض دهنية مشبعه	أحماض دهن وحيد التشبع	أحماض دهنية عديدة عدم التشبع	اوميجا ٦	اوميجا ٣	النسبة بين ٣:٦
زيت أو مسحوق السمك						
سمك ما هادن	٤٠,٩	٢١,٣	٢٩,٠٠	٣,٩	٢٣,٩	٨,٤٤
سمك هيرنج	٢٨,١	٢٥,٢	٢٠,١	٣,٣	١٦,٨	٥,٠٩
أسماك السالمون	١٨,٦	٢٥,٣	٣٢,٥	٥,٠٠	٢٦,٤	٥,٢٨
أسماك القرموط	١٩,٧	٤٣,٣	٣٣,٨	٢٦,٣	٦,٤	٠,٢٤
الحبرى ٢٤,٨	٢٤,٨	٢٠,٣	٢٨,١	١٤,٩	٢٣,٢	١,٥٦
دهن حيوانات ولحم مخفف						
أبقار	٥١,٠٠	٤٠,٠٠	٢,٥	٢,٠٠	٠,٥	٠,٢٥
خنزير	٤١,٥	٥١,٠٠	١١,٦	١١,٠٠	٠,٦	٠,٥٥
إكساب الحبوب وزيوتها						
فول الصويا	١٢,٠٠	١٧,٠٠	٦١,٥	٥٤,٤	٧,١	٠,١٣
الذرة	٩,٤	٤٥,٦	٤٥,٥	٤٥,٠٠	٠,٥	٠,٠١
جوز الهند	٢٨,٨	٥,٦	١٦,٠٠	١٦,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠
بذرة القطن	٣٠,٠٠	١٨,٥	٥١,٥	٥١,٥	٠,٠٠	٠,٠٠
بذرة الكتان	٩,٥	٢٠,٠٠	٧٠,٥	١٤,٥	٥٦,٠	٣,٨٦
بذرة الشلجم	٤,٥	٥٥,٥	٣٩,٥	٢٩,٥	١٠,٠٠	٠,٣٤
الفول السودانى	١٤,٥	٥٣,٠٠	٢٧,٥	٢٧,٥	٠,٠٠	٠,٠٠

وأوراق نبات الخبيزة وهو من النباتات المنتشرة فى مصر يمكن استخدامها بمعدل ٢٥% فى علائـــق أسماك المبروك العادى حيث تحتوى فى مادتها الجافة على حوالى ٢٥% من البروتين، ٥% من الدهن وحوالى ١٢,٥% من الألياف بالإضافة الى المواد السابقة يتم إنـــتاج كميات هائلة من مخلفات تصنيع الخضر مثل قشر البازلاء ونواتج تصنيع الجزر والسبانخ والملوخية والفاصوليا وكذلك البطاطس والطماطم وكلها تحتاج الى دراسات مستفيضة للوقوف على قيمتها الغذائية قبل استخدامها فى تصنيع أعلاف الأسماك.

المصدر الرابع: مصادر الأملاح المعدنية Mineral sources

تعتبر عملية تقدير الاحتياجات الغذائية للأسماك من العناصر المعدنية من العمليات المعقدة حيث أن الأسماك لا تحصل على احتياجاتها المعدنية من عناصر الغذاء المعدنية فقط بل أيضاً من العناصر المعدنية الذائبة الموجودة فى البيئة المائية المحـــيطة بها سواء كانت مياه عذبة أو بحريه. وعموماً تستخدم بعض المركبات المعدنـــية فى تكـــوين علائـــق الأسماك خاصة تحت نظم الإنتاج المكثف مثل كـــربونات الكالسيوم كمصدر للكالسيوم وكذلك مسحوق العظام كمصدر للفوسفور والكالسيوم وكذلك فوسفات الكالسيوم.

وتوجد حاليا مخالط من الأملاح المعدنية تحتوى على العناصر الصغرى يمكن استخدامها فى إنتاج أعلاف الأسماك التجارية Mineral premix وهى تحتوى غالباً على عناصر المنجنيز والحديد والنحاس والزنك واليود والسلينيوم.

وعمـــوما فهناك قصور فى المعلومات الخاصة باحتياجات الأسماك من العناصـــر المعدنية - أظهرت بعض نتائج البحوث أن البلطى يحتاج الى حوالى ٠,٩% مـــن الفوســـفور للـــنمو والتطور السريع. ويستخدم أيضاً مسحوق

المصدر السادس: الإضافات الغير غذائية

وهـــى إضافات تستخدم فى إنتاج أعلاف الأسماك وليست لها قيمة غذائية مثل مضادات الفطريات التى تضاف إلى الأعلاف منعاً لنمو الفطريات الضارة حيث تعتـــبر سمومها من المواد الضارة والسامه للأسماك إذا ما إرتفعت تركيزاتها عن الحـــدود المسموح بها. ومن انواع هذه المضادات الفطرية سوبات البوتاسيوم والـــبواى بـــروبايل جليكول. ومن الإضافات الغير غذائية المواد الرابطة التى تســـتخدم عند إنتاج اعلاف الأسماك فى صورة مكعبات ومنها النشا والآجار المســـتخرج مـــن الأعشاب البحرية وكذلك الملاس وجلوتين الذره ومركب كربوكســـيل ميثيل السليولوز. تستخدم أيضاً بعض المركبات التى تضاف إلى أعلاف الأسماك بكميات بسيطة كمنشطات للنمو مثل المضادات الحيوية خاصة إذا مـــا تعرضت المزارع السمكية لأنواع التلوث الميكروبى المختلفة. تستخدم أيضـــاً الـــبروبيوتيك وهى مشجعات للنمو طبيعية تحتوى على بكتريا حمض اللكتـــيك وبعـــض الخمائر. تضاف أيضاً بعض المركبات إلى أعلاف الأسماك بهـــدف إضـــافة لون معين إلى لحوم بعض الأسماك مثل الكاروتين وهى صبغة نباتـــية. ومـــن الإضافات الغير غذائية بعض مكسبات الطعم أو الرائحة لزيادة إقبال الأسماك على إستهلاك الأعلاف الصناعية. و يوضح جدول رقم (٣-٣) القيمة الغذائية لمواد العلف الشائعة الإستخدام فى تغذية الأسماك.

جدول (٣-٣): القيمة الغذائية لمواد العلف المستخدمة فى تغذية الأسماك.

مادة العلف	مادة جافة%	الطاقة كيلوكالورى/كجم (على أساس المادة الجافة)			التحليل الكيميائى (على أساس المادة الجافة)			
		طاقة ممثلة	طاقة مهضومة					
		أسماك التروت	أسماك التروت	أسماك المبروك	بروتين خام	دهن خام	الياف خام	رماد
كسب الفول السودانى المستخلص	٩٢	–	–	–	٥٢ر٣	١ر٤	١٠ر٨	٦ر٣
مخلفات مجازر الدواجن	٩٣	٢٩٨٠	٣٧٢٠	–	٦٢ر٨	١٤ر١	٢ر٤١	١٦ر٨
مسحوق ريش الطيور المعامل	٩٣	–	–	٣٦٧٠	٩١ر٣	٣ر٢	١ر٥	٣ر٨
كسب الشلجم المستخلص	٩١	٢٧١٠	٢٩٩٠	–	٤٠ر٦	١ر٨	١٣ر٢	٧ر٥
رجيع الكون	٩١	–	–	–	١٤ر١	١٥ر١	١٢ر٨	١٢ر٨
مخلفات مطاحن الأرز	٩٢	–	–	–	٦ر٨	٥ر٦	٣١ر٥	١٧ر١
مخلفات تبييض الأرز	٩٠	–	–	–	١٣ر٤	١٣ر٩	٣ر٦	٨ر٣
مخلفات تصنيع الجمبرى	٩٠	–	–	–	٤٤ر٢	٤ر٣	١٥ر٦	٢٩ر٧
الذرة الرفيعة	٩٠	–	–	–	١٢ر٤	٣ر١	٢ر٦	٢
بذور الصويا المحمصة	٩٠	٣٨٤٠	٤١٩٠	–	٤٢ر٢	٢٠	٥ر٦	٥ر١
كسب فول الصويا مستخلص ميكانيكياً	٩٠	–	–	–	٤٧ر٧	٥ر٣	٦ر٦	٦ر٧
كسب فول الصويا مستخلص بالمذيبات	٩٠	٢٥٧٠	٢٩٨٠	٢٨٧٠	٤٩ر٩	١ر٤	٦ر٥	٧

جدول (٣-٣): القيمة الغذائية لمواد العلف المستخدمة فى تغذية الأسماك

مادة العلف	مادة جافة%	الطاقة كيلوكالورى/كجم (على أساس المادة الجافة)			التحليل الكيميائى (على أساس المادة الجافة)			
		طاقة ممثلة	طاقة مهضومة					
		أسماك التروت	أسماك التروت	أسماك المبروك	بروتين خام	دهن خام	الياف خام	رماد
مركزات بروتين فول الصويا	٩٢	–	–	–	٩ر٩١	٦ر٠	١ر٠	٨ر٣
كسب عباد الشمس مستخلص بالمذيبات	٩٣	–	–	–	٨ر٤٩	١ر٣	٢ر١٢	١ر٨
ردة قمح	٨٩	–	–	٢٧٩٠	١ر١٧	٤ر٤	٣ر١١	٩ر٦
حبوب القمح	٨٨	–	–	٢٩٠٠	٤ر١٤	٨ر١	٨ر٢	٩ر١
دقيق القمح	٨٨	–	–	–	٤ر١٣	٤ر١	٥ر١	٥ر٠
نواتج مطاحن القمح	٨٩	١٦٥٠	١٨٠٠	–	٤ر١٨	٩ر٤	٢ر٨	٢ر٥
خميرة جافة	٩٣	٢٥٦٠	٢٧١٠	–	٩ر٤٦	٩ر٠	١ر٣	١ر٧
خميرة تورلا جافة	٩٣	–	–	–	٧ر٥٢	٧ر١	٤ر٢	٣ر٨
مركزات العلائق النقية								
كازين	٩١	–	–	٤٤٠٠	٧ر٩٢	٧ر٠	٢ر٠	٤ر٢
سليلوز (بودرة)	٥ر٩٦	–	–	–	–	–	٩٦	–

جدول (٣-٣): القيمة الغذائية لمواد العلف المستخدمة فى تغذية الأسماك

مادة العلف	مادة جافة %	الطاقة كيلوكالورى/كجم (على أساس المادة الجافة)			التحليل الكيميائى (على أساس المادة الجافة)			
		طاقة ممثلة	طاقة مهضومة					
		أسماك التروت	أسماك التروت	أسماك المبروك	بروتين خام	دهن خام	الياف خام	رماد
نشا الذرة الخام	٨٨	–	–	٢٧٠	٠ر٣	اثار	٠ر١	٠ر١
نشا الذرة المطبوخ	٨٨	–	–	–	٠ر٣	اثار	٠ر١	٠ر١
٢٠% من العليقة	–	–	–	٣٤٠٠	–	–	–	–
٣٠% من العليقة	–	–	–	٣٠٠٠	–	–	–	–
٤٠% من العليقة	–	٥١٠		٣٨٠	–	–	–	–
البرسيم الحجازى	٩٢	٥١٠	٥٦٠	٧٣٠	١٨ر٩	٣	٢٦ر٢	١٠ر٦
دم مجفف بالرزاز	٩٣	٣٤١٠	٣٤٤٠	–	٩٣	١ر٤	١ر١	٧ر١
مخلفات تصنيع البيرة من الحبوب	٩٢	–	–	–	٢٩ر٤	٧ر٢	١٤ر٤	٣ر٩
كسب الكوبرا المستخلص بالمذيبات	٩١	–	–	–	٢٣ر٤	٣ر٩	١٥ر٤	٦ر٦
مخلفات تقطير حبوب الذرة بذوائبها	٩٢	–	–	–	٢٩ر٥	١٠ر٣	٩ر٩	٤ر٨
ذوائب تقطير حبوب الذرة	٩٣	٢٢٨٠	٢٤٤٠	–	٢٩ر٧	٩ر٢	٥	٧ر٨

جدول (٣-٣): القيمة التغذائية لمواد العلف المستخدمة فى تغذية الأسماك

مادة العلف	مادة جافة%	الطاقة كيلوكالورى/كجم (على أساس المادة الجافة)			التحليل الكيميائى (على أساس المادة الجافة)			
		طاقة ممثلة	طاقة مهضومة					
		أسماك التروت	أسماك التروت	أسماك المبروك	بروتين خام	دهن خام	الياف خام	رماد
كسب جلوتين الذرة	٩١	٣٥٥٠	٤٠٤٠	-	٤٦ر٨	٤ر٢	٤ر٨	٣ر٤
ذرة غير مطبوخة	٨٩	-	-	١٢٤٠	١٠ر٩	٤ر٣	٢ر٩	١ر٥
ذرة معاملة بالبثق	٨٩	-	-	٢٨٤٠	١٠ر٩	٤ر٣	٢ر٩	١ر٥
كسب بذرة القطن المستخلص	٩١	٢٤٦٠	-	٢٨٠٠	٤٥ر٢	١ر٦	١٣ر٣	٧ر١
مخلفات الكابوريا المجهزة	٩٢	-	-	-	٣٤ر٨	٢ر١	١١ر٦	٤٤ر٦
مركز بروتين الكابوريا المجففة	٩٠	-	-	-	٦٧ر١	٠ر٥	-	٦ر٨
مركزات نوائب السمكة الكثفة	٥٠	-	-	-	٦٥ر٣	١١ر٢	٠ر٩	١٩ر٢
نوائب السمكة المجففة	٩٣	٣٣٥٠	٣٦٨٠	-	٦٩ر٢	٨ر٩	١ر٥	١٣ر٥
سمك أنشوجة مجفف	٩٢	٤٠٢٠	٤٥٧٠	-	٧١ر٢	٤ر٥	١ر١	١٦ر١
سمك قراميط مجفف	٩٢	-	-	-	٥٥ر٣	-	-	-
سمك مجفف هيرنج	٩٢	٤١٣٠	٤٧٢٠	-	٧٨ر٣	٩ر٢	٠ر٧	١١ر٤
سمك مجفف منهادن	٩٢	-	-	٤٢٧٠	٦٦ر٧	١٠ر٥	١	٢٠ر٨

جدول (٣-٣): القيمة الغذائيّة لمواد العلف المستخدمة فى تغذية الأسماك

مادة العلف	مادة جافة%	الطاقة كيلوكالورى/كجم (على أساس المادة الجافة)			التحليل الكيميائى (على أساس المادة الجافة)			
		طاقة ممثلة	طاقة مهضومة					
		أسماك التروت	أسماك التروت	أسماك المبروك	بروتين خام	دهن خام	الياف خام	رماد
سمك تونه مجفف	٩٣	–	–	–	٦ر٦٣	٤ر٧	٩ر٠	٦ر٢٣
لحم السمك الأبيض المجفف	٩١	٢٩٧٠	٣٤٩٠	–	٣ر٦٨	١ر٥	٨ر٠	٤ر٢٥
أوراق أبل – أبل الجافة	٩٢	–	–	–	١ر٢٩	٢ر٦	٦ر١٢	١ر٩
مسحوق اللحم	٩٤	–	–	–	٨ر٥٤	٧ر٩	٨ر٢	٨ر٢٨
مسحوق اللحم والعظم	٩٣	٣٢٤٠	٣٢٩٠	٣٧٣٠	١ر٥٤	٤ر١٠	٤ر٢	٥ر٣١
مولاس القصب المجفف	٩٤	–	–	–	٣ر١٠	٩ر٠	٧ر٦	٣ر١٣
كسب الفول السودانى	٩٣	–	–	–	٥٢	٣ر٦	٥ر٧	٥ر٥

الباب الرابع

الهضم والامتصاص

Digestion and absorption

د/ عبدالوهاب عبدالمعز عبدالوارث د/مجدى عبدالحميد سلطان

قبل أن نستعرض هضم هذه المركبات الغذائية في القناة الهضمية يجب علينا معرفة تركيب القناة الهضمية والتي تكون عبارة عن أنبوب طويل يبدأ بالفم وينتهي بالمجمع ويختلف باختلاف نوع وحجم وعمر الأسماك. فيجب دراسة التركيب التشريحي والفسيولوجي للجهاز الهضمي.

تشريح الجهاز الهضمي :

Anatomy and physiology of the digestive tract

يمكن تقسيم الأسماك تبعاً لعدة أسس كما يلي:-

أ- علي أساس مصدرها الغذائي وهي تقسم بدورها إلى اسماك مفترسة Predatory والغير المفترسة Non-predatory.

وهذا التقسيم يعتبر غير كافي لان الأسماك التي تصنف غير مفترسة قد تتغذى أيضا علي الكائنات الحية الحيوانية وبالطبع هذه الأسماك (الغير مفترسة) تكون قدرتها علي هضم الفريسة Prey اقل من الأسماك المفترسة الحقيقية أما الأسماك المفترسة في المراحل الأولى من العمر فإنها تتغذى علي القشريات الصغيرة ويرقات الحشرات وكذلك الديدان والبروتوزوا والحوامات ويمكنها أيضا اصطياد بعض الفرائس. هناك أيضاً أنواع أخرى من الأسماك تتغذى علي النباتات المائية العليا ومنها مبروك الحشائش والمبروك الفضي الذي يتغذى علي

الفيتوبلانكتون phytoplankton وهذه الأنواع أيضا تستطيع أن تتغذى علـــي كميات كبيره أو صغيره من الزوبلانكتون zooplankton والأجزاء المتفتتة والرمال ومن المعروف أن التغذية علي الكائنات الحية النباتية أو الحيوانية يتأثر بعدة عوامل من أهمها النوع والموسم بالإضافة إلى ذلك الأسماك المفترسة يمكـــنها آكل الحيوانات المائية قبل أن تتحول سلوكها وبسرعة الى مفترسات حقيقـــية عندما تتغذى علي اسماك أخرى. وكذلك حجم الفريسة يلعب دورا هامـــا في عملـــية الـــتغذية الطبيعية وكذلك أشكالها فثعبان السمك الأوربي Eurbian eel يستطيع أن يتغذى علي أشكال معينة من الفرائس والتي تعتبر الغـــذاء الأساسى له ومنها الحيوانات الدقيقة (دائرية الرأس) وأنواع أخرى من الثعابين تتغذى أساسا علي الأسماك (ذات الرأس المفلطحة).

ب- أو يـــتم التقســـيم على الأسس التى تعتمد علي فسيولوجيا التغذية حيث يمكن تقسيم الأسماك الي مجموعتين هما:-

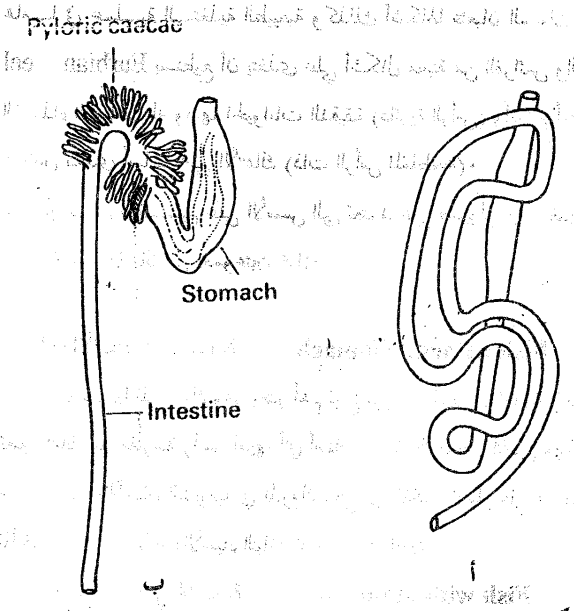
١- الأسماك عديمة المعدة Fish without Stomach

ومـــنها المـــبروك وهو يعتبر أهم نوع من هذه الأنواع العديمة المعدة وهي تعتبر اسماك غير مفترسة وليس لديها أي أسنان بداخل التجويف الفمي ولكن هناك مـــا يسمي بالأسنان البلعوميه في المبروك وهي في الغالب تعمل علي ضغط الغذاء المأكول وبصورة بطيئة (الأحياء النباتية الموجودة في الماء).

٢- الأسماك التي لها معدة Fish with stomach

ومنها عائلة السالمونيدا والقراميط وثعبان السمك (شكل ٤-١) وهي غالبا تعتـــبر اسمـــاك مفترسة حيث يوجد بتجويفها الفمي أسنان وغالبا توجد هذه الأســـنان علي فكوك وهذه الأسنان تكون بدرجات متفاوتة وتختلف من نوع

لآخـــر وهى تساعد الأسماك المفترسة علي التعامل مع الفريسة وتقطيعها ولكن لـــيس لهـــا القدرة علي تمزيقها وطحنها مثل الحيوانات الأرضية الأخرى ففي الأسمـــاك يـــتم ابتلاعها ويبدأ هضمها في المعدة ومن المعروف أن الأسماك ليس لديها غدد لعابية Salivary gland في تجويفها الفمي.



شكل (٤-١): التركيب التشريحي لأجزاء القناه الهضمية فى أسماك المبروك (أ) والتروت (ب)

التشريح الداخلى للجهازالهضمى فى الأسماك:-

١- الفم Mouth

يختلف موضع وشكل الفم حسب العادات الغذائية لأنواع الأسماك وكذلك نوع الأسنان فى الفم أو الحلق ففى معظم الاسماك يقع الفم عند الطرف الامامى للرأس أو بالقرب منة ولكن العديد من الأسماك القاعية التى تتغذى على القواقع مثلا تكون ذات أفواه سفلية أو شبه طرفية وهناك أنواع قليلة من الأسماك ذات فم علوى وهذه الأسماك تلتقط غذائها من السطح اوتلك التى تنتظر عند القاع لتمسك فريسة مارة فوقها .

حجم الفم مع حجم وموقع الاسنان يعطى بعض الدلائل على العادات الغذائية للاسماك فأسماك الكراكى وأسماك المنشار handsawfishes والعديد من القروش مزوده بأفواه كبيرة مع وجود أسنان كبيرة حاده تجعل منها مفترسات لفرائس كبيرة نوعا ما يمكن ابتلاعها بالكامل. ومن الممكن مشاهده وسادات من أسنان صغيرة مخروطية أو قلبية الشكل فى أنواع عديدة لها تساعد فى القبض على عدد من الفرائس الحيوانية المختلفة الشكل. وهناك اسماك ذات عادات غذائية شاذة فسمكة انقليس الذئب Wolf-eel تتغذى على حيوانات ذات أصداف ولهذا فان لها أسنان نابية canine فى مقدمة الفكين تستخدمها للقبض على الفريسة. وتوجد فى مؤخرة الفكين مايسمى بالطواحن Molars وهى غير حادة لسحق وطحن الأصداف كما ان اسماك الببغاء (عائلة ابو منقار) تتمكن من التقاط قطع من المرجان وذلك لان أسنانها الامامية متحدة وتعطى شكلا شبيها بالمنقار.

وتتميز الأسماك عموما بوجود ثلاثة أنواع من الأسنان هى أسنان فكية وفمية وبلعومية فالاسماك المفترسة مثل السالمون تمتلك فكا قويا وأسنان فكية

[illegible]

٣-المريء أو الحلق Oesophagus or Gullet

يكـــون قصير جدا وسريع التمدد وغير قابل للانفصال عن التجويف الداخلي للمعدة والأمعاء ويمر الغذاء من الفم إلى البلعوم ثم إلى المريء والمرئ عـــبارة عن أنبوبة عضلية قصيرة ومستقيمة تقع بين الفم والقناة الهضمية وهو مـــبطن او يأخـــذ شـــكل خطوط تكون مبطنة بطبقات من النسيج الطلائي epithelial الضعيفة والتي تفتح في طبقة النسيج المخاطي وهذا النسيج يكون غني بخلايا مخاطية إفرازية وتكون هذه الخطوط علي الأرجح منتظمة في صورة طـــبقات أو ثـــنايات طولية ومغطاة بطبقات عضلية وهذه الطبقات العضلية تتـــركب من أنسجة طولية داخلية وكذلك حلقات خارجية والطبقة العضلية تكـــون ثابـــتة وفي شكل خطوط ليفية مستعرضة وفي معظم الأسماك الممرات الهوائـــية إلى المـــثانة الهوائية تفتح داخل المريء ولكن المريء في بعض الأسماك المفترســـة يمكنه التمدد ومن هذه الأنواع سمكة الكراكي Pike وسمكه الفرخة Perch وهـــذا التمدد يساعد هذه الأسماك علي ابتلاع فريسة كبيرة والعضلة العاصـــرة بالمـــريء تكون قويه حيث تساعد علي منع دخول الماء إلى الجهاز التنفســـى عند بلع الغذاء لكن الأسماك الغير مفترسة والتي تلتهم غذاء دقيقا أو كائنات دقيقة تمتاز بأن المرئ بها اقل انتفاخا وتمددا مقارنة بالأسماك المفترسة.

٤- المعدة Stomach

دلـــت معظم الأبحاث التي أجريت سابقا علي الأسماك انه ليس جميع الأسمـــاك لها معده فهناك كما ذكر من قبل اسماك لها معدة واسماك عديمة المعدة with and without stomach وأيضا يحدث هذا الاختلاف داخل النوع الـــواحد (عائلـــة Blennidae) وحتى داخل نفس الجنس (جنسGobius)

وحجـــم المعدة في الأسماك التي لها معدة يرجع إلى العلاقة بين العلائق والغذاء الطبيعي وعموما جدار المعدة يتركب من عدد من الطبقات والتي تتشابه كثيرا بالموجـــودة في الفقاريات (شكل ٤-٢) وترتب هذه الطبقات من الخارج الى الداخل كما يلي:

١- الطبقة المصلية Serous layer

٢- الطبقة العضلية Muscular layer

أ- الطبقة العضلية الطولية Longitudinal muscle layer

ب- الطبقة العضلية الدائرية Circular musculavis mucus

٣- الطبقة المخاطية Mucosa layer

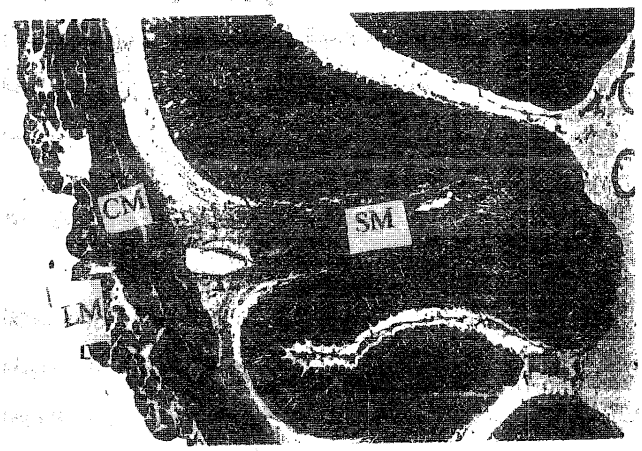
٤- الطبقة الـــطلائية Epithelium

ويمكن تقسيم المعدة أيضاً بجانب تراكيبها التشريحي إلى ٣ أجزاء فعلى سبيل المثال في سمكة البلطى تكون المعدة أنبوبية الشكل Clavate (علي شكل حـــرف C) ومحـــتوية علي جزء علوي والجزء القريب من المرئ وجزء سفلى يســـمى الجزء البوابي الصاعد pyloric وهو الجزء القريب من الأمعاء وهناك أيضـــا جزء غمدي ينتفخ عندما تمتلئ المعدة بالطعام شكل (٤-٢) ويمكن تسمية هذين الجزئين في بعض الأسماك بالجزء الأمامي ويسمي anterior والجزء الخلفي pyloric أوالـــبواب والفـــرق بين هاتين المنطقين يتمثل في أن الغدد المعدية يكـــون اكثـــر شيوعا في الجزء الأمامي وكذلك الخلايا العضلية مقارنة بالجزء البوابي.

ووجد أن اسماك القراميط الأمريكي channel catfish والسالمون ومعظم الأسماك المفترسة لها معدة حقيقة والتي تقوم بإفراز حامض الهيدروكلوريك وكذلك الببسينوجين ومزوده ببيئة حامضية، ويقوم البنكرياس والحوصلة المرارية

بصب إفرازاتهما داخل معده اسماك القراميط خلف صمام العضلة العاصرة البوابية مباشرة والتي تعمل علي فصل المعدة عن الأمعاء. أما في أسماك المبروك العادي كما سبق فليس لها معده ولكن توجد أكياس منتفخة علي شكل بصلي وهذه الأكياس تقع في نهاية الجزء الأمامي للجهاز الهضمي ولا يوجد بها جزء معدي (ذات pH منخفضة) كما في أمعاء عائلة المبروك.

الافرازات الهضمية في أسماك المبروك داخل الجهاز الهضمي تكون بعد فتحه العضلة العاصره والتي تعمل هنا علي فصل المريء عن الأمعاء وليس للفصل بين المعدة والأمعاء كما في الأسماك التي لها معده كما سبق ذكره.

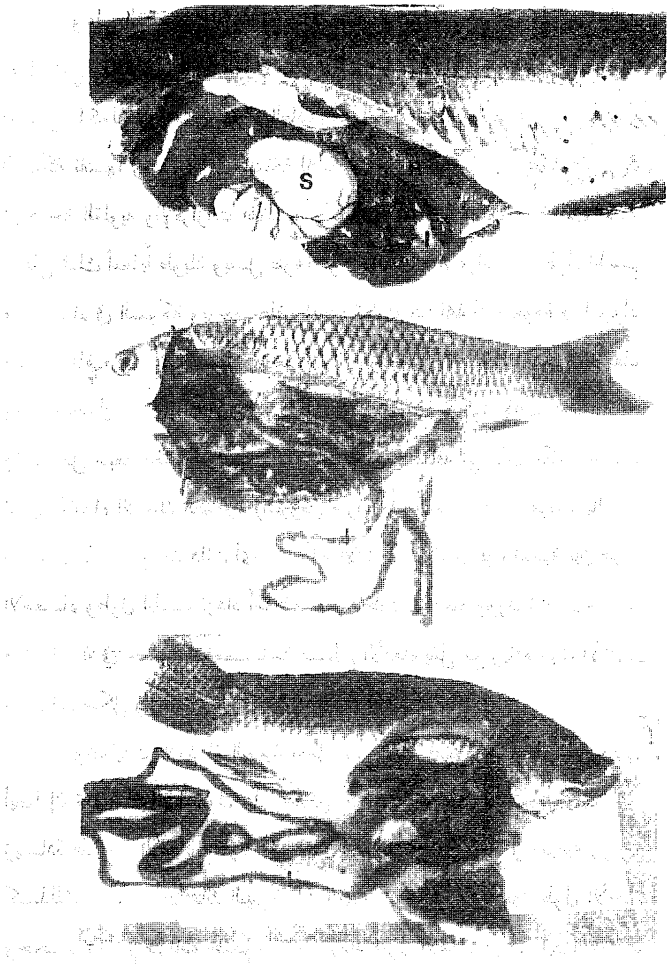


شكل (٤-٢) قطاع هستولوجي في معدة الأسماك موضحاً به الطبقة المخاطية M والتحت مخاطية SM والطبقة الدائرية CM والطبقة العضلية الطولية LM

أمـــا اسمـــاك البلطي فلها معده متحوره وتفرز حامض الأيدروكلوريك المعدي HCl ولكن يوجد بمعده البلطي جزء مستقل وهذا الجزء يكون اكثر تحورا وعلـــي شـــكل كيس.و تعتمد درجة الحموضة pH للطعام في المعدة علي كمية الغذاء الذي يمر خلال الأمعاء . وعندما تكون المعدة فارغة تصبح درجة pH أول بلعـــة غذائـــية حوالي ١,٤ ولكن عندما تتغذى أو تأكل الأسماك كمية كبيرة من الغذاء فإن الخلايا الإفرازية المعدية تكون غير قادرة علي المحافظة علي درجة أل pH بدرجـــة منخفضة. وفي الأسماك التي لها معده حقيقة وكذلك الحيوانات الأرضية الطـــبقة العاصـــرة الـــبوابة pyloric sphinx عاده ما تظل مغلقة حتى تصبح محـــتويات المعـــدة من الطعام والتي تصل فى هذه الحالة إلي مادة تعرف بالكيموس (كـــتلة الغذاء) وهي مادة لبنية يتحول إليها الطعام بفعل العصارة المعدية حتى يصل الطعام إلي درجة سيولة مرضية وكذلك درجة pH منخفضة لتنطلق بعد ذلك أي اسفل داخل الأمعاء (شكل ٤-٣)

٥- الأمعاء Intestine

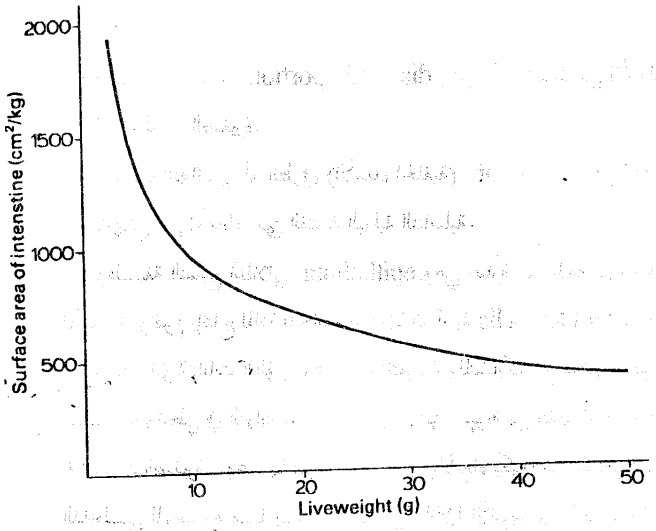
عبارة عن أنبوبة بسيطة وملتفة ويختلف طولها حسب العادات الغذائية للأسمـــاك ولكن الأمعاء في الأسماك لا تنقسم إلي أمعاء غليظة ورفيعة كما في الحيوانات الأرضية (الثدييات) . فوجد أن الأمعاء في أسماك القراميط باستثناء الجزء المستقيمي تكون مشابهه في درجة ال pH (أعلي قليلاً من ٧) والإفرازات الهضمية وامتصاص الغذاء في الأمعاء الرفيعة مشابهة الى فى الحيوانات ذات الدم الحار .



شكل (٤-٣): المعدة فى أسماك القرموط (الصورة العليا) أما الصورة الوسطى فهى لأسماك مبروك الحشائش والصورة السفلى للمعدة فى البلطى

وعلي الرغم من أن الأمعاء تكون قصيرة ولكن لها عده طبقات والتي تعمل علي زيادة مساحة سطح الأمعاء لامتصاص اكبر قدر من الغذاء. والجهاز الهضمي باكملة في اسماك المبروك العادي أطول حوالي ٣ مرات عن طول جسم السمكة نفسها وهي تكون متشابهة للأمعاء (ما بعد المعدة) في أسماك القراميط في درجة القلوية والإفرازات الهضمية وكذلك امتصاص الغذاء، وكذلك سمكة البلطي تملك أمعاءاً طويلة ويصل طولها من حوالي ٦-٨ مرات من طول الجسم والأمعـــاء في السمكة ويوجد خلف المعدة تكون متشابهة للموجودة في المبروك ولكن تختلف في الطول فقط. وجد أن في زريعة اسماك المبروك تتحور الأمعاء وتكون أطول convoluteal وكذلك شكل الأمعاء يكون ذات عده أحزمة وتشـــكل سبعة قطاعات أفقية وستة انحناءات بالإضافة إلي ذلك يكون الطول الكلي لأمعاء الأسماك الصغيرة (المبروك) متراوحاً ما بين٢,٥-٣ مرات بالنسبة لطـــول الجسم ثم بعد ذلك أي مع تقدم الأسماك في العمر فإن النسبة بين طول الأمعـــاء وطول الجسم تزداد أما النسبة بين طول الأمعاء ووزن الجسم فتكون منخفضـــة في حـــين أن مســـاحة مسطح الأمعاء يقل مع زيادة وزن الأسماك (المبروك) شكل (٤-٤)

وعمليات الأنشطة اليومية تعمل علي أطاله أمعاء اسماك المبروك ووجد أيضا إن تغذيه أسماك المبروك علي علائق غنية بالكربوهيدرات تعمل أيضا علي زيـــادة طـــول الأمعاء مقارنة بالاسماك التي تتغذي علي علائق طبيعية ووجد كـــذلك في بعض الأسماك النهرية Roach أن هناك علاقة بين طول الأمعاء وحجـــم الجسم فبزيادة حجم الأسماك يزداد طول الأمعاء ووجد أيضاً انه بعد أيـــام قلـــيلة من التفريخ يكون طول الأمعاء حوالي ٤٤% من الطول الكلي للجسم وعندما يصل وزن الجسم إلي ١جم تصبح النسبة حوالي ١٠٤%.



شكل (٤-٤) : مساحة سطح الأمعاء لكل كيلوجرام من وزن الجسم وذلك فى أسماك المبروك

تركيب الأمعاء:-

يمكـــن تقســـيم الأمعاء إلي أربع أقسام في أسماك المبروك رغم أن هذه الأسمـــاك ذات أمعاء يصعب في التمييز والتفريق ولكن تم تقسيمها علي حسب وظائفها الفسيولوجية إلي : -

١- القطاع الأمامي anterior section وهو الجزء الكبير والمتسع حتى مدخل قناة الحوصلة المرارية.

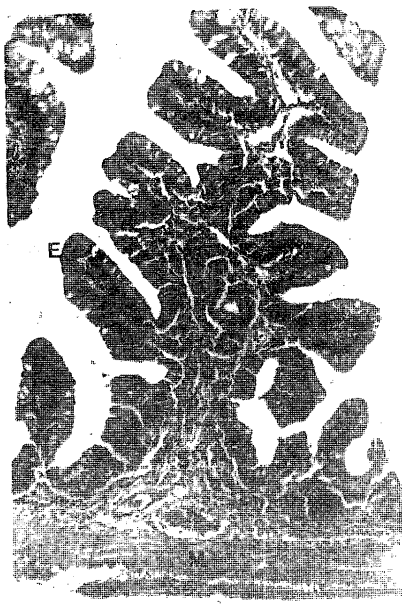
٢- الجزء القريب proximal portion وهو الجزء من الأمعاء الوسطية أو الصغيرة.

٣- الجـــزء البعـــيد distilled portion وهو الجزء البعيد من الأمعاء الوسيطة أو الصغيرة.

٤- الجـــزء النهائـــي أو الطرفي (الأمعاء الخلفية) hind gut وهو الجزء النهائي من الأمعاء حتى الفتحة البولية التناسلية.

وطـــبقة النسيج الطلائى epithelium وهي عبارة عن طبقة أنبوبية في الأمعـــاء وتقوم بإنتاج المادة المخاطية للخلايا الكأسية Goblet cells فوجد في الأسماك أن الثنايات الطولية والثنايات المتعرجة والمتشابكة مع بعضها تكون ملـــتحمة وتعطي في النهاية صورة إسفنجية اكثر خشونة من تلك الموجودة فى الأسمـــاك الصغيرة. وعموما التركيب الداخلي للأمعاء يكون مشابها للتركيب الداخلـــي للمعـــدة مـــا بـــين كـــل من الخلايا الأنبوبية في طبقة الطلائية epithelium ومـــرحلة إنـــتاج المخـــاط المكون للخلايا الكأسية حيث أن الاستمرار في إنتاج المخاط وإفرازه يؤدي إلي حماية هذه الطبقة epitaclium والغشاء المخاطي يلعب دورا هاما في هذا المجال وهو حماية هذه الطبقة ويعمل أيضـــا علي بناء وتركيب الثنايات المتشابكة reticulated folds وغالبا ما يكون لها شكل مميز شكل (٤-٥).

وتبطن الأمعاء فى الأسماك بالعديد من الخملات التي تتكون من الخلايا الطلائـــية المخاطية وغالبا ماتبدأ الأمعاء بالإثنى عشر وعادةً ماتأخذ شكل حرف U والأثنى عشر يصب في أول المجري الكبدي البنكرياس قادما من الحوصلة الصفراوية والبنكرياس. ومن أهم وظائف الأمعاء هي أنها تلعب دورا هامـــا في عملية الهضم والامتصاص التي سوف تتناولها بالتفصيل فيما بعـــد. ويتم الهضم في الأمعاء في درجة pH من المتعادل إلي القلوي وهى تختلف حسب نوع الأسماك .



شكل (٤-٥): قطاع فى جدار أمعاء القرموط يوضح طبقات الأمعاء من الداخل للخارج (E) تمثل الطبقة الطلائية (S) تمثل الطبقة تحت المخاطية (M) تمثل الطبقة المخاطية (SE) تمثل الطبقة المصلية .

ملحقات القناة الهضمية

١- الكبد Liver

يختلف شكل وحجم الكبد باختلاف انواع الأسماك وعموما فى جميع الأسماك يكون عبارة عن غده كبيرة ففى بعض القروش مثلا يمثل الكبد فيها حوالى ٢٠% من وزن الجسم وهى تعتبر كبيرة جدا وهناك اشكال مختلفة للكبد ويقع الكبد فوق المعده عاده او يحيط بها اوببعض اجزاء منها ويتكون من

فـــص واحد كما فى اسماك السالمون اوفصين كما فى البلطى او خمسة فصوص كمـــا فى المروك وتوجد الحوصلة الصفراوية Gall bladder فى معظم انواع الأسماك ويكون لونها اخضر مزرق وتوجد بين فصوص الكبد ووظيفتها تخزين إفـــرازات الكـــبد وكل فص من فصوص الكبد يخرج منة قناة كبدية واحدة وترتبط هذة القناة مع القناة الكيسية القادمة من الصفراء ليكونا قناة الصفراء. ومـــن وظائـــف الكبد الأساسية إفراز العصاره الصفراوية وتخزين الجليكوجين وكذلك يلعب دورا فى وقف مفعول بعض السموم ويقوم الفص الأيسر للكبد بتكسير وانتاج كرات الدم الحمراء والبيضاء وانتاج الاجسام المناعية ويقوم ايضا بافـــراز بعض المستحلبات التى تحمل الى الأمعاء مع الصفراء وتساعد فى هضم الدهون.

٢- البنكرياس Pancreas

عموما البنكرياس لايظهر كعضو له مكان محدد ولكن الى حد ما فانه يسمى النسيج البنكرياسى ففى الاسماك العظمية ينتشر فى الكبد او حوله عاده وخصوصـــا فى الأسمـــاك شوكية الزعانف التى يتحد فيها البنكرياس مع الكبد لـــيكونا مايسمى بالبنكرياس الكبدى Hepatopancreas وفى بعض انواع الاسماك يوجد البنكرياس بصوره منفصلة. وقد تنتشر ايضا الانسجة البنكرياسية علـــى الامعاء وكذلك على الاعور البوابية وحول الطحال والحوصلة المرارية . ومـــن المعروف ان القناة البنكرياسية ترتبط بالقناة الصفراوية لتكونا فى النهاية قـــناة واحدة تفتح فى الجزء الامامى للامعاء (المعى الامامى) فى الاسماك العديمة المعدة اما الاسماك التى لها معدة فان هذه القناة تفتح فى الآثنى عشر خلف المعدة مباشرة ولكن فى بعض انواع الاسماك قد تصل القناة البنكرياسية بصوره منفصلة

الى الامعاء عن القناة الصفراوية ومن وظائف البنكرياس إفراز الانزيمات النشطة التى تلعب دورا كبيرا فى عملية الهضم بالأضافة الى ذلك تقوم الجزر البنكرياسية pancreatic islets بوظيفة إفراز داخلى هو إنتاج الأنسولين.

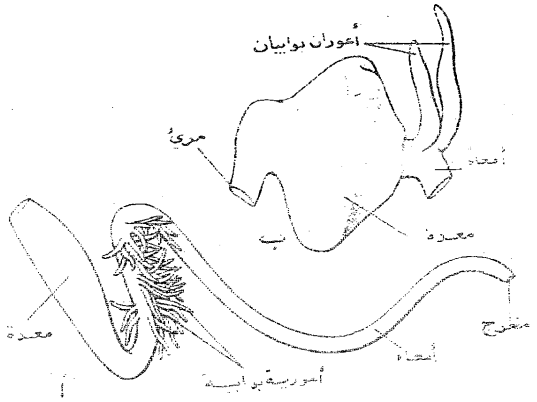
٣- الطحال Spleen

يمكـــن وصـــف الطحال على انه عضو ذو لون احمر غامق هرمى الشكل فى الغالـــب ويقـــع على المعده اوبالقرب منها وعلى الرغم من أن الطحال يكون مـــرافقا لاعضـــاء الجهاز الهضمى إلاأنة ليس لة وظيفة أودور فى عملية الهضم ولكنه يلعب دورا فى تكوين خلايا الدم كما انه يعمل على تحطيم كرات الدم الحمراء فى الاسماك العظيمة.

٤- الاعور البوابية Pyloric caeca

قد يوجد فى اغلب الاسماك العظمية وعلى أمعاءها وعند النهاية البوابية للمعـــدة كيس أوعدة اكياس صغيرة فى صورة نتوءات مسدودة النهاية تسمى بالاعور البوابية وقد لاتوجد هذه التراكيب فى بعض مجاميع الاسماك كالكراكى وقـــد يوجد اعور بوابية واحده فى بعض الاسماك مثل الأسماك التى تتبع جنس polypterus او ثلاثـــة كما فى اسماك الفرخ الاصفر. ولكن فى بعض أنواع الأسماك الأخرى قد يصل عددها الى ٢٠٠ او اكثر من هذه الأسماك الاسقمرى والســـالمون واسمـــاك قواقع البحر seasnails وتختلف اشكال الاعور البوابية باختلاف أنواع الأسماك وكذلك تفرعاتها واتصالها بالأمعاء ففى سمك الحفش يـــتكون الاعـــور من عدة اكياس ذات كتلة كبيرة ولكنها تفتح بقناه واحدة تـــؤدى الى الأمعـــاء ولكن فى اسماك السالمون يرتبط كل اعور بفتحة مستقلة

بالأمعاء ومن المحتمل ان تنحصر وظيفة الأعور فى ان له دور فى عمليتى الهضم والامتصاص ولقد تم فصل العديد من إنزيمات الهضم من اعور العديد من أنواع الأسماك (شكل ٤-٦).



شكل (٤-٦): مثالان للمعدة وللأعور البوابية (من الأمام إلى اليسار) أ – معدة وأمعاء السالمون المرقط (العائلة السلمونية)، ب– المعدة والأعوران البوابيان لسمكة البورى.

الهضم والامتصاص Digestion & absorption

أولا : الهضم Digestion

هـــو عبارة عن العمليات التي يتم فيها تحول الغذاء من مركباته المعقدة إلي مركبات اكثر بساطه سهلة الإمتصاص عندما تمر بالقناة الهضمية وذلك عـــن طريق تحلل هذه المركبات مائيا بفعل الأنزيمات المحللة لها سواء كانت هـــذه المـــركبات بروتينة أو دهنية أو كربوهيدراتية ..... الخ وسوف نتناول بالتفصيل كيفية هضم كل مركب علي حده.

وعمـــوما تـــبعا لتشـــريح الجهاز الهضمي والذي سبق ذكره يوجد هناك اخـــتلافات جوهرية في عملية الهضم بين أنواع الأسماك التي ليس لها معده والتي لها معدة.

عمليات الهضم : Digestive processes

وجـــد أن عملـــيات الهضم فى أسماك القراميط الأمريكي والتي تتم بها قد تكون متشابهة تماما لعملية الهضم في الحيوانات وحيده المعدة من ذوات الدم الحـــار وربمـــا تكـــون هذه العمليات متشابهة أيضا في العديد من الأسماك المســـتزرعة وقد تكون أيضا مختلفة. عموما تتم عملية الهضم عندما يدخل الغـــذاء إلي المعدة يحدث تنبية عصبي وهرمونى لإفراز المواد الهاضمة فتبدأ عملية الهضم عند دخول الغذاء يحدث إفراز حمض الأيدروكلوريك المعدي HCl عـــن طـــريق الخلايـــا الجدارية parietal cells ويتم أيضا إفراز البيسينوجين pepsinogen عن طريق خلايا الرئيسية chief cells وهى أحـــد خلايا الغدد المعدية التى تقوم بإفراز بعض الإنزيمات الهاضمة والذي يـــتحلل بســـرعة ويتحول إلي ببسين pepsin وهو الصورة النشطة من الانزيمات المحللة للبروتين والتي تسمي proteolytic enzymes وكذلك الخلايا المخاطية Mucous cells تبدأ في إنتاج إفرازاتها.

وجـــد فى الثدييـــات أن هرمونات المعدة تفرز داخل المعدة لتنبة انطلاق أو إفراز العصير المعدي gastric juice بينما في الأسماك يعتقد أن هرمونات أخري أو مركبات أخرى (هستامين histamine والسيريولين cerulean) يكـــون لها وظيفة اكبر في تنبيه إفراز العصير المعدي والعضلة العاصـــرة والـــتي سبق التحدث عنها والتي تقع في الطرف النهائي للمعدة

مباشـــرة وتعمل علي حفظ وبقاء الغذاء داخل المعدة حتى يتم مرور كمية كافـــية مـــن السوائل داخل الأمعاء الصغيرة والماء أيضا لابد وان يفرز في المعدة وخصوصا في أسماك المياه العذبة ولكن اسماك المياه المالحة فأنها تشرب المـــاء مـــع الغـــذاء ويقوم حامض الهيدروكلوريك بعملية تحلل جزيئات البروتينات إلي ببتيدات عديدة السلسلة داخل المعدة . إنزيم البيسين والذي يكون نشط عند pH تتراوح ما بين ١,٥-٣ يعمل أساسا عند الموقع على جزيـــئ علـــي ألا حماض الأمينية الحلقية aromatic amino acids (الفينـــيل الآنـــين- التيروزين) ويتم أيضا هضم بعض المعادن في الأمعاء لوجـــود بعـــض الأنسجة التي تقوم بإمتصاصها بالمعدة mineralized tissue والتي تكون في صوره سائلة في الحامض المعدى. ولا يحدث تكسر أو هضـــم لأي من الدهون أو الكربوهيدرات داخل المعدة وتتم عمليات خلـــط وطحـــن الغذاء فى وجود المخاط والسائل المعدى يصبح الغذاء فى صـــورة مضـــغة Slurry وتسمى الصورة الشكلية للغذاء فى هذة المرحلة بالكـــيموس أو الكـــتلة الغذائية Chyme وهى مادة لبنية يتحول اليها الطعـــام داخل المعدة بفعل العمليات السابقة وعندما تصبح المواد الغذائية داخـــل المعـــدة محتوية علي كمية كافية من السوائل فى صورة شبة سائلة تســـمح لهـــا العضلة العاصرة بالانطلاق داخل الجزء الأمامي من الأمعاء ومعدل هذا الانطلاق يتعلق بمدي سيولة الغذاء.

في الثدييات يدخل الغذاء بعد تكوين الكتلة الغذائية إلي الأمعاء عندما تبدأ الإفرازات من البنكرياس والحوصلة المرارية gall bladder . والإفرازات البنكرياســـية تتضـــمن البيكربونات bicarbonate والتي تعمل علي معادلة حموضة المواد الغذائية الآتيه من المعدة وكذلك أنزيمات الزيموجين zymogens

والـــتي تهضم البروتينيات والكربوهيدرات والدهون والكيتين والنيكلوتيدات. التربســـينوجين trypsinogen وهـــو مولد أنزيم التربسين حيث يتحول إلى الصـــورة النشطة للتربسين بفعل إنزيم enterokinase والذى يفرز بواسطة الطـــبقة المخاطية بالأمعاء. الكيموتربسينوجين chymotrypsinogen وهو يفرز من البنكرياس وينشط في صورة كيموتربسين chymotrypsin عندما يتصـــل مـــع التربسين trypsin وهذين الانزيمين المحللين للبروتين enzymes proteolytic يعمـــلان علـــي تكســـيرالببتيدات العديدة إلي ببتيدات قصيرة السلســـلة. الكربوكســـى ببتـــيداز carboxy peptidases والامينو ببتيداز amino peptidases ربما أيضا تفرزان من البنكرياس وهما يعملان على تحلل الأحمـــاض الأمينية الفردية والمحتوية علي مجموعة كربوكسيل حره أو مجموعة أمـــين حـــره من السلاسل الببتيدية. النشاط الأنزيمي المحلل للكيتين chitinas المفـــرز مـــن البنكرياس في العديد من الأسماك تعمل علي تحلل الغطاء الكيتيني chitinous للحشـــرات insects والقشـــريات التى تتناولها الأسماك ووجد كذلك أن البنكرياس ينتج إنزيم الاميليز والذي يحلل النشا والـــ nucleases والذي يحطم الأحماض النووية وكذلك الانزيمات المحللة للدهون lipases والتي تعمـــل علـــي تكســـر روابـــط الأســـتر بحيث تحلل جزئي أو كلي للدهون والفســـفوليبدات ودهون أخري والانزيمات المحللة للسليلوز ثبت أنها تفرز في الأمعـــاء في عـــدد قليل من الأسماك ولكن ربما يكون هذه الأنزيمات قادمة أو مفـــرزه بواسطة بكتريا الأمعاء والخلايا المخاطية الموجودة في الأمعاء وجد أنها تفـــرز عدد من الأنزيمات تشمل إنزيمات تحلل الأحماض الأمينية الطرفية المحتوية علـــى مجمـــوعة كربوكســـيل حرة وكذلك المحتوية على مجموعة أمين حرة والإنزيمات المحلله للنشا والإنزيمات المحلله للدهون والمحلله للكتين.

في معظـــم الفقاريـــات وهذه الأنزيمات المفرزه تتضمن الكربوكسيل وأنزيمات أخري. ولكن الكميات الهامة من الأنزيمات الهاضمة في الأسماك والتي تعمـــل علي عملية الهضم والمفرزه من الطبقة المخاطية في الأمعاء مازالت غير معروفة حتي الآن.

تحـــتوي الحوصـــلة الصـــفراوية علي أملاح الصفراء والكوليستيرول والفســـفوليبيدات والصـــبغات ومـــركبات أخري وأيونات، وتعتبر وظيفتها الأساسية هي استحلاب الدهون إلي حبيبات صغيرة لتسهيل مهاجمة الإنزيمات المحللـــه للدهون لدهون الكتلة الغذائية. ويتحرك الغذاء داخل الأمعاء بواسطة حـــركتها الدوديـــة peristaltic waves أو بواسطة الإنقباض العضلي لها constriction والـــذى يحـــدث على طول الأمعاء. والغذاء يحدث له خلط ســـريع بتـــبة عمليـــة الخض تسمى churned في الجزء الأمامي من الأمعاء foregut عـــن طـــريق الحـــركات اللاإراديـــة المخـــتلفة movement independent للطـــبقات العضلية الناعمة في جدار الأمعاء ، وهذه تعتبر عمليـــات مساعده لزيادة تعرض المواد الغذائية للطبقة المخاطية بالامعاء وذلك للعمـــل على سرعة إمتصاصها والعديد من الأبحاث أشارت إلي أن الأنواع التي ليس لها معده كالمبروك لا تفرز أي من حمض الهيدروكلوريك أو البسبينوجين لهضـــم الـــبروتين في حين أن الأسماك التي لها معده تفرزها وتتم عملية الهضم عمـــوما في الأسماك التي لها معده في وسط الـــ pH ما بين التعادل إلي القلوي pH عـــادة ما يكون أعلي من ٦,٥ لذا لا يوجد وسط حامضي وذلك لغياب المعـــدة في هذه الأسماك أما الأسماك التي لها معده فعمليه الهضم لها تتم بصورة مخـــتلفة والـــتفاعلات الحامضة للمواد الغذائية تحدث بالمعدة ففي أسماك عائلة الســـالمون وجـــد ان الوسط المعدي لها تكون درجة pH به ٢-٣ في حين أن

أسماك القراميط الأمريكي تكون pH معدتها ٢ - ٤ ودرجة pH في الأمعاء لكلا النوعين السابقين تتراوح ما بين ٧-٩ أما الأسماك ذات المعدة والتي تحتوي علـــي طبقة عضلية سمكية مثل القراميط الأفريقي African catfish تكون pH المعدة بها أعلى من النوعين السابقين حيث تكون حوالى ٤.

ومـــن دراسات مكثفة اتضح أن هناك علاقة بين وقت الغذاء وكذلك عدد مرات التغذية والتقلبات التي تحدث في درجة pH في المعدة والأمعاء داخل الأسماك مـــثل سمك القراميط الأمريكي والبلطي الموزمبيقي جدول (٤- ١). والانزيمات عـــبارة عـــن مركبات ذات طبيعية بروتينية ويمكن تقسيم الأنزيمات علي حسب تأثيراتها الفسيولوجية إلي :-

١- الأنـــزيمات المحللـــة للـــبروتنات (proteolytic enzymes) Proteinase

٢-الأنزيمات المحللة للدهون Esterase (lipoplytic enzymes)

٣- الأنـــزيمات المحللـــة للكـــربوهيدرات (Amylolytie enzymes) Carbohydrases

جدول (٤-١): درجة ال pH للمعدة والأمعاء لأسماك البلطى الموزمبيقى التى غذيت على علائق مصنعة ومدى تأثرها بوقت الغذاء.

الوقت بعد التغذية /ساعة	المعدة	الأعور البوابية	الأمعاء الدقيقة			المستقيم
			الجزء القريب	الجزء الأوسط	الجزء البعيد (النهائى)	
صفر	١ر١٤	٦ر٤٠	٧ر٥٠	٧ر٩٥	٧ر١٣	٧ر٢٢
١	٤ر٦٧	٦ر٨١	٧ر١٩	٧ر٨٠	٧ر٥٤	٧ر٣٧
٤	٢ر٦٥	٦ر٥٠	٧ر٣٩	٨ر٢٣	٨ر٠٤	٧ر٦٤
٨	١ر٢٤	٦ر٤٧	٧ر٨١	٨ر٢٠	٧ر٨٦	٧ر٥٠

و يوضح جدول (٤ – ٢) موقع الأنزيمات في الجهاز الهضمي وأنواعها وتـواجدها في كـل جـزء مـنه وهذه الأنزيمات لا تفرز من المعدة والأمعاء والبنكرياس فقط ولكن قد تكون موجودة في بعض الأحيان وبكميات كبيرة في الأنسجة الأخرى أو من مواد الغذاء المأكولة بواسطة الأسماك، وكذلك الكبد في العديـد من أنواع الأسماك اتضح أنه يوجد به كميات كبيرة من الأنزيمات المحللة للكربوهيدرات amylase وكذلك بيتا – جلا كتوسيدات B- galactosides وجـدت أيضـا بوفره في الكبد والطحال والكليتان والقلب وفي أسماك التروت rainbows trout وجـد أن المعـدة والأمعـاء بها كمية قليلة من الأنزيمات الهاضـمة للدهون lipase في حين أنها تكون موجودة وبكميات كبيرة في كبد العديد من الأسماك الأخرى إلا أنه وجد أن هناك جزء بسيط من هذه الأنزيمات موجود في الجزء النهائي من الأمعاء .

أشـارت بعض الأبحاث الى أن هناك علاقة بين كمية هذه الأنزيمات بالجهـاز الهضـمي ومدي تأثرها بالأنزيمات المضافة أو الموجودة بالعلائق في العديـد مـن أنواع الأسماك وجد أن الأنزيمات المأكولة مع العلائق قد تحسن (تنشـط) فعـل الانـزيمات المحللة للبروتينات الداخلية والموجودة في الجهاز الهضـمي endogenous وخصوصـا عندما يحدث النشاط الأنزيمي متأخرا وبنسبة صغيرة وبذلك يتضح أن هناك تأثير مباشر للأنزيمات الخارجية (المضافة في العلائق) فإضافة مثل هذه الانزيمات في العلائق يكون هام في بعض الأسماك المسـتزرعة وخصوصا في مرحلة الحضانة (حضانة الزريعة) من هذه الأسماك المبروك carp والسمك الأبيض white fish أما السمك الأبيض الكبير فأن المعـدة تتطور بعد ٥٠ يوما فقط عندما يصل الوزن الحي حوالي ٦٥ ملجم

ولذلك في هذه الأسماك وحتى هذا العمر أي ٥٠ يوم قد لا يكون هناك هضم ملائم للبروتين

جدول (٤-٢): مواقع الإنزيمات فى الجهاز الهضمى للأسماك

المعدة	الأمعاء	البنكرياس
البيبسينوجين	الأنتروكينيز	التربسين
حمض الأيدروكلوريك	الإنـــزيمات المحلله للأحماض	الكيموتربسين
الإنـــزيمات المحللـــه للأسترات	الأمينية المحتوية على مجموعة أمين حرة	الإنـــزيمات المحللـــه للدهون
الإنـــزيمات المحللـــه للكربوهيدرات	الإنـــزيمات المحللة للببتيدات الثنائية	الألفاأميليز
	الإنـــزيمات المحللة للببتيدات الثلاثية	الأنـــزيمات المحللـــه للبكتين
	الإنزيمات المحللة للدهون	
	الإنزيمات المحللة للاكتين	
	الألفا أميليز	
	الألفاجلكوسيداز	
	البيتاجلكوسيداز	
	الكيتونيز	

وأشـــارت بعـــض الأبحـــاث إلي أنه يوجد هناك عمليات هضم غشائية بالإضـــافة إلي الهضم عن طريق خلايا الصائم lumen (خلايا تجويف الأمعاء)

والـــتي تسلك نفس مسلك المعدة حيث تعمل كخلايا إضافية في تحويل الغذاء إلي المـــادة اللبنية (chymse) في الجهاز الهضمي . وهذا الهضم الذي يسمي بالهضم الغشائي membrane digestion يتم عن طريق الاتصال بين الخلايا البنائـــيه في الغشاء الطلائي وجدار الخلية. بمعني أن الأنزيمات تكون خاملة أو ثابتة في مكانها علي سطح الخلايا وعندما يصل الغذاء إلى هذه الأسطح يحدث هـــذا الاتصـــال بمساعدة الخلايا الداخلية للأهداب الدقيقة من الأمعاء وهذه المساعدة تكون كبيرة في المراحل الأولية والنهائية من عملية الهضم وربما أيضا يصحبها اتصال بعملية الامتصاص .

(أ) هضم البروتينيات Protein Digestion

يتم هضم البروتينات في المعده والجزء العلوي من الأمعاء فى الأسماك حيث يـــتم تكسير وهدم البروتينات الى المكونات الأساسية لها والمتمثلة في الأحماض الأمينية وذلك عن طريق التحلل المائى للروابط الببتيدية Peptide linkages Hydrolysis وتنتهـــى هذه العملية بتكون أحماض امينية حرة. وهذا التحلل والتفكك للبروتينات يحدث عن طريق بعض الانزيمات المتخصصة حيث ان كل نـــوع مـــن أنواع هذه الانزيمات يعمل على روابط ببتيدية معينة، ويعتمد هذا التخصص الانزيمى على السلسلة الجانبية للاحماض الامينية ويمكن تقسيم هذه الانزيمات الى :-

١- إنزيمات تحلل الروابط البيتيدية الداخلية وتسمى Endopeptidases

٢- إنـــزيمات تحلل الروابط البيتيدية الخارجية وتسمى Exopeptidases وهى تعمل على الروابط البيتيدية الطرفية وهى تنقسم بدورها الى :-

أ – إنزيمات تفصل او تحلل الاحماض الامينية الطرفية التى تحتوى على مجموعة كربوكسيل حرة وتسمى Carboxypeptidases.

ب- انزيمات تحلل الاحماض الامينية الطرفية والتى تحتوى على مجموعة امين حرة ويطلق عليها Aminopeptidases.

ج- الانزيمات التى تحلل البيتيدات الثنائية Dipeptidases.

ومن المعروف ان الانزيمات المحللة للبروتينيات هى نفسها بروتينات فانها تهضم وتمتص بالكامل مثلها مثل البروتينات الموجود فى الغذاء مع الاختلاف فى مكان ودرجة هضمها حيث انها تهضم على طول الامعاء الا أن هذه الإنزيمات كبروتينات لاتعتبر مفضلة الى حد ما للهضم والتحلل مثل بروتينات الغذاء .

والإنزيمات التى تحلل الروابط البتيدية الداخلية endpeptidases (proteinases) تعمل على تحلل البروتينات والسلاسل البتيديه الطويلة والقصيرة. وإنزيمات تحلل البيتيدات peptidases الهامة تتضمن: (١) البسين: والذى ينتج من مولدات الانزيمات pepsinogen zymogen ويعتبر حمض الايدروكلوريك أحد المنشطات لعمل البسين pepsin حيث انه يعمل على توفير pH المناسب لعمل هذا الانزيم.

(٢) التربسين Trypsin والذى يتكون من التربسينوجين Trypsinogen عن طريق نشاط الانتروكينز Entrokinase أوالحركة المعدية أو عن طريق نشاط الحفز الذاتى autocatalytic بواسطة التربسين نفسه.

(٣) الكيموتربسين Chymotrypsin أيضاً يتبع هذا التقسيم من الانزيمات وذلك عندما تعمل مع بعضهما البعض هو وكل من الكاتبسين

والأيلاستيز cathepsin & elastase أما الإنزيمات التى تحلل الروابط الببتيدية الداخلية exopeptidases (peptidases) فهى تهدم الببتيدات الأخرى الى أحماض أمينية ولها ثلاثة أقسام كما سبق ذكره .

وإتضح من بعض الدراسات انه توجد بعض الإنزيمات المحللة للبروتينات فى بلعوم الأسماك التى ليس لها معدة كالمبروك وتزداد هذه الإنزيمات حتى تصل الى ٨ أضعاف مثيلاتها فى المرئ ولكن هذه الإنزيمات تصل الى حدها الأمثل من النشاط فى الجزء الأمامى من الأمعاء حيث تصل الى حوالى ٤٠ مرة أكثر من الموجودة فى البلعوم. ووجد أيضاً فى أسماك المبروك أن الإنزيمات المفرزة بواسطة البنكرياس تصب فى الأمعاء وتظهر تأثير نشط لعمل الإنزيم الهاضم للبروتين فى هذة المنطقة وتتراوح درجة الحرارة المثلى لعمل هذا الإنزيم مابين ٣٥-٤٠° م مع العلم بأن هذه الإنزيمات تصل إلى أقصى مدى لنشاطها فى الثلث الأخير من الأمعاء. ومن المعروف أنه فى خلال الأيام القليلة الأولى من عمر أسماك المبروك وبالتدريج يتم إمتصاص كيس المح Yolk sac عندما تكون الأنسجة البنكرياسية لم يتم تطويرها بالكامل للقيام بعمل وظيفى ولهذا السبب فإن عمل الإنزيمات الهاضمة للبروتين Protease فى الظروف القلوية يكون منخفض جداً فى الجهاز الهضمى وبعد حوالى ١٤ يوم من بداية العوم والتغذية وعند درجة حرارة تتراوح مابين ٢٠-٢٣°م فإن إفراز وعمل الإنزيم يمكن أن يحدث وبطريقة يمكن ملاحظتها مصحوباً بزيادة نشاط هضم البروتين Proteolytic فى الأمعاء الى حوالى ٥ أضعاف عن التى كانت موجودة فى مرحلة مابعد التفريخ مباشرةً (جدول ٤-٣). ولهذه الأسباب السابقة يجب الأخذ فى الإعتبار أهمية الغذاء الطبيعى لأسماك المبروك والمشاكل التى

تحدث من إستخدام التغذية الجافة والمركزة فى علائق المبروك خلال المراحل الأولى من العمر.

جدول (٤-٣): الإنزيمات المحللة للبروتين فى أمعاء زريعة المبروك.

عمر الزريعة باليوم	الوقت من بداية تناول العليقة	متوسط وزن الجسم بالملليجرام	الإنزيمات المحلله للبروتين فى الوسط القلوى (ميكروجرام/جرام)
٨	٥	١٠ر٥	٤٢
٧	١٤	٥٧	٢١٩
٢٢	١٩	١١٤	٢٦٦

وهناك عدة عوامل تؤثر فى عمل الأنزيمات المحللة للبروتينات وهى:-

١- زيـــادة محـــتوى العليقة من البروتين يزيد من عمل هذة الإنزيمات فى أسماك المبروك.

٢- نقـــص كمية مسحوق السمك فى العليقة مع زيادة كمية النشا يؤدى الى زيـــادة فى عمـــل الإنـــزيمات المحللـــة للسكريات أو النشويات Amylase مصـــحوباً بنقص نسبة البروتين المهضوم. إلا أن ذلك قد يزيد من عمل إنزيم الأميليز وكذلك البروتيز فى الأمعاء.

٣- إخـــتلاف نـــوع وعمر الأسماك وكذالك إختلاف درجة الـــ pH فى الجهاز الهضمى ففى أسماك التروت يكون الحد الأمثل لدرجة الـــ pH فى المعـــدة ٢,٨ حـــيث أن الإنزيمات المحللة للبروتين فى هذا الوسط تعمل بصـــورة جـــيدة فى المعدة. وعمل الإنزيمات فى المعدة والأمعاء والأعور البوابـــية Pyloric ceacae فإنه ينشط بواسطة الغدة البنكرياسية وهى تعمـــل أيضـــاً علـــى تنشـــيط الإنـــزيمات الهاضمة للببتيدات الخارجية

Exopeptidase وهـــى كمـــا سبق ذكره ثلاثة أجزاء الكربوكسى ببتيداز- الأمينوببتيداز- والإنزيمات المحلله للببتيدات الثنائية. ويصل نشاط إنـــزيمات تحليل البروتين إلى أعلى معدل لة فى المعدة والأمعاء بزيادة عمر وحجـــم الأسماك أى عند حجم ١٠٠جم وزن حى لأسماك التروت أما الحـــد الأمثل لدرجة الـــ pH فى أسماك القراميط African catfish لعمـــل إنـــزيم البيســـين فى المعـــدة هـــو ٣ ولعمـــل التربسين ٨,٢ والكيموتربســـين ٧,٨ فى حين أن pH الجزء القريب من الأمعاء يكون ٨,٢ . والإنزيمات المحللة للبروتين فى هذه الأسماك أظهرت مستوى عالى مـــن النشاط بمعدلات مختلفة تختلف بإختلاف درجة الحرارة كما وجد Abdel-Warith (2002) أن الإنزيمات المحللة للبروتين تصل إلى أعلى معـــدل لها فى أمعاء كلاً من القراميط والبلطى النيلى فى الوسط القاعدى عـــند درجة pH ٨,٥ أما فى المعدة ففى أسماك البلطى فقد وصلت إلى أعلـــى معـــدل لهـــا عند درجة pH ٣ أما القراميط فكان نشاط هذه الإنـــزيمات فى معدتها وصل إلى الحدود المثلى عند درجة pH ٣-٤. أما أسمـــاك ثعـــبان السمك eels فكان الحد الأمثل من الـــ pH لعمل الإنزيمات المحلله للبروتين فى المعدة هو ٢,٥-٣,٣ °م المثلى تتراوح مابين ٤٠-٥٠°م وكمـــية البروتين المهضوم فى معدة ثعبان السمك تكون أعلـــى بنسبة ٣ مرات عن الموجودة فى التروت فى حين أنة فى الأمعاء تكون العكس ويصل نشاط هذه الإنزيمات فى أمعاء ثعبان السمك الى أعلـــى معـــدل له عند درجة pH ٧,٦ ودرجة حرارة ٤٦°م وهذا المســـتوى مـــن نشاط الإنزيمات المحلله للبروتين يكون تقريباً مساوياً للنشاط الموجود بأمعاء المبروك وعند نفس درجة الـــ pH.

٤- درجـــة الحـــرارة ونوعية الغذاء لها تأثير أيضاً علي نشاط بعض الأنزيمات المحللـــة للبروتين فى المعدة البوابية لأسماك التروت فعند درجة حرارة ١١-١٨°م يكون نشاط هذه الإنزيمات عالياً وذلك عندما تتغذى الأسماك على علائـــق بها نسبة بروتين عالية عن العلائق المحتوية علي نسبة بروتين أقل. ويظهـــر تـــأثير درجة الحرارة فقط على العلائق الغنية بالبروتين ولكن فى العلائـــق المنخفضة البروتين فإن درجة الحرارة لايكون لها تأثير على عمل الإنزيمات بداية من درجة حرارة ٦°م.

وبطبـــيعة الحال فإن المحتوى العالى من البروتين فى العلائق يصحبه إنخفاض فى نسبى السليلوز بالعليقة وذلك يحسن من عمل الإنزيمات المحلله للبروتين فى أسماك التروت والعكس صحيح. أما أسماك البلطى النيلى والتى غذيت على علائق غنية بالنشا أظهرت نقص فى عمل إنزيمات التربسين والكيموتربسين ولكن العلائق المحـــتوية علـــى كمـــية عالية من اللاكتوز لم تظهر نتائج واضحة. وفى أسماك القـــاروص الصغيرة والكبيرة Sea bass وعند بداية التغذية الخارجية فإنة يتم هضـــم البروتين بواسطة التربسين فى الجزء الأوسط والنهائى من الأمعاء ولكن الهضم فى المعدة يكون قليلاً. ونفس الإتجاة فى أسماك موسى Common sole لم يظهر نشاط لإنزيمات تحليل الببتيدات عند عمر ٢٤ ، ٤٠ ، ٨٠ يوم ولكن ظهـــر فقـــط نشاط هذه الإنزيمات عند عمر ٢٠٠ يوم وعلى العكس إنزيمى التربسين والكيموتربسين وجدت بالفعل عند عمر ٢٤ يوم ويزداد نشاطها من هذا العمر وحتى عمر ٢٠٠ يوم ثم يصبح ثابتاً عند نفس المستوى.

٥- العلائق المحتوية على نسب عالية من الكربوهيدرات ومنخفضة فى الـــبروتين حـــيث لوحظ أن أقل نشاط لعمل هذة الإنزيمات تم تسجيلة لهذا النوع من العلائق المحتويه على الكربوهيدرات.

٦- الإختلاف بين أنواع الأسماك فقد وجد أن متوسط النشاط الإنزيمى للبروتينات فى الجهاز الهضمى بأكملة تكون فى الأسماك المفترسة Carnivorous عالية مثل السالمون وقليلة فى الأسماك العشبية Herbivorous.

٧- كذالك طول الجهاز الهضمى لة علاقة عكسية بنشاط إنزيم الـ Proteolytic بمعنى أنه كلما زاد طول الجهاز الهضمى فى الأسماك كلما قل متوسط الإنزيمات الهاضمة للبروتين والعكس.

٨- درجة إمتلاء الجهاز الهضمى بالغذاء ووقت مرورة فى القناة الهضمية لة تأثير أيضاً فى عملية إفراز وعمل الإنزيمات.

(ب) هضم الدهون Fat digestion

في هضم الدهون يلعب الكبد دوراً هاماً ورئيسياً وكذلك إفرازات الحوصلة الصفراوية Bile والتي تنتج من الكبد وتخزن في تجويف الصفراء وتنطلق افرازاتها عندما يصل الغذاء الى الأمعاء وهي تحتوى على حمض الجاليك Galic acid ويفرز هذا الحامض بكمية كبيرة ونشطة وهذا بدوره يعمل على استحلاب الدهون وذلك عن طريق تكسير قطيرات الدهون الكبيرة الى قطيرات صغيرة جدا مما يزيد من مسطح دهن الغذاء وبالتالي يؤدي ذلك الى زيادة تنبيه جدر الصفراء لزيادة المفرز من هذا الحامض. وهذه القطيرات الصغيرة تخلق جوا مناسبا لإفراز الأنزيمات التي تعمل على تحلل وانشقاق الدهون وكل الأنزيمات المحللة للدهون تصنف تحت اسم Lipolytic Enzymes أو الليبيز Lipases وجد أن pH الصفراء لأنواع الأسماك المختلفة تتراوح ما بين ٦,١ – ٨,٤. ومعنى أن مساحة مسطح الجزئيات الدهنية يكون كبيرا فهذا يساعد الانزيمات

المحللة للدهون على مهاجمة هذه الجزيئات بأكبر قدر ممكن. والأحماض الدهنية وكـــذلك حـــامض جالـــيك يعملان سويا لتسهيل امتصاص حمض الكوليك Cholic acid الذائب في الماء. ووجد أن العصارة الصفراوية في اسماك التروت لا تظهـــر أى تأثير أنزيمي لكل من البروتيز والاميليز أو الايستريز Esterases وهـــذا ربمـــا يكـــون متوافقا مع الابحاث التي اجريت على الحيوانات الكبيرة وكذلك بعض أنواع الأسماك الأخرى .

مـــن بين الأنزيمات المحللة للدهون Lipolytic enzymes يعتبر أنزيم الليبـــز Lipases هو الانزيم الأكثر أهمية لهضم الدهون وهذه الأنزيمات تعمل على تحلل الدهون الى أحماض دهنية وجليسرول حيث تتم عملية امتصاصها فى هـــذه الصـــورة. وفي بنكـــرياس اسمـــاك التروت وجدأن هناك عامل مساعد Cofactor يعمـــل بجانب الليبيز أو يساعد على عمله والذي يلعب نفس الدور للـــ Co-lipase في الثدييـــات ، أمـــا في اسمـــاك المبروك فقد وجد أن الموقع أو المكان الأساســـي لأنزيم الليبيز هو الطبقة المخاطية Mucosal layer للبطنة لجدر الأمعاء حيث تكون درجة الـــ pH ما بين ٧ —٧,٥ ووجد أن دخول الطعام الى الجهاز الهضمي وهضمه لم يغير من عمل انزيم الليبيز بعكس الأنزيمات المحللة للبروتين كمـــا ســـبق. وكذلك وجد أن هناك مستوى عالى من الليبيز في منطقة إفراز الغشاء المخاطي وهى أفضل مكان لاستقبال افرازت البنكرياس.

ودرجة الحرارة المثلي للإنزيمات المحلله الدهون في اسماك المبروك تتراوح مـــا بين ٣٥-٤٠°م وفي اسماك التروت يكون نشاط الليبيز في المعدة منخفض وبالتالي فإن هضم معظم الدهون يتم في الأمعاء ويساعد على ذلك الليبيز المفرز

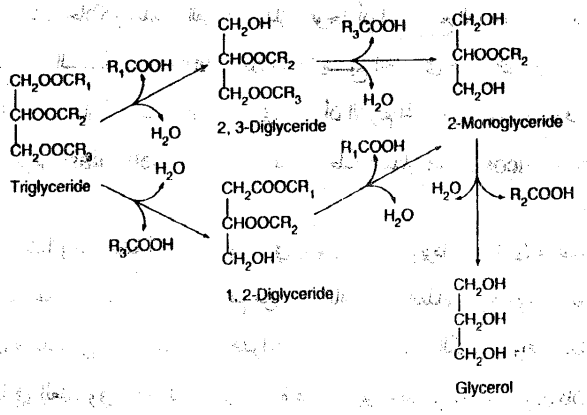
مـــن البنكرياس وكذلك الاعور البوابية Pyloric caecea في اسماك التروت تلعب دورا في نشاط إنزيم الليبيز بنسبة عالية .

وهـــناك بعض الاختلافات الجوهرية بين التحلل المائي للدهون والتحلل المائي للبروتينات والكربوهيدرات وهي :

١- ان الليبيـــز يظهـــر له علاقة بسيطة ببعض المواد المتخصصة والتي تحفز عملية التحلل المائي لمعظم الأملاح العضوية ولذلك فهو يعمل وبصورة متتالية على تكسير الدهون من خلال بعض المركبات الوسيطة وعلى مـــراحل والتي غالبا ما تحفز عن طريق الليبيز الفردي ولا يحدث هذا التتابع الدقيق لليبيز في الإنزيمات المختلفة الاخرى والمحللة للبروتين .

٢- الليبيـــز يعمل وبصورة سريعة كمحفز لهدم وتحلل المواد الدهنية (مثل عملية التحلل المائي) وبعض المواد الأخرى مثل الأسترات Esters بالإضافة إلى ذلك أن المنتج النهائي لعملية التحلل يحتاج إلى أن يمتص ويزال من وسط التفاعل لو أن عملية التفاعل وصلت إلى مرحلة توازن الدهـــون طبيعـــياً مع نواتج هضمها. والدهون عادة والمستخدم منها بواســـطة الحيوانات تكون في صورة املاح وأحماض عضوية وكذلك الكحولات العالية (الجليسرول – والكحولات الثلاثية Trihydric alcohol) والنتيجة النهائية لعملية تحلل الدهون Lipolysis هو ان جـــزئيات الجليسريدات الثلاثية Triglyceride تنتج ٣ جزئيات أو ذرات من الأحماض الدهنية وذرة واحدة من الجليسرول.

وعملية هضم الدهون موضحة بالمعادلات التالية:



(جـ) هضم الكربوهيدرات Carbohydrates digestion

من المعروف أن هضم الكربوهيدرات يبدأ جزء منه في المعدة وذلك في الأسماك التي لها معدة ويتأثر بواسطة تنبيه العصارة المعدية الحامضية، لكن الانزيمات المحللة للكربوهيدرات تعتبر هي الأهم في عملية الهضم وهذه الأنزيمات المتخصصة لها أهمية كبيرة خصوصا في الأسماك لأن ليس كل أنواع الاسماك تهضم الكربوهيدرات بنفس الكفاءة ، فعلى سبيل المثال الاسماك المفترسة مثل السالمون تهضم بعض الكربوهيدرات (النشا) بكفاءة أقل من الأسماك النباتية التغذية أو الثنائية التغذية ، وأنزيم الاميلز Amylases هو المسئول عن تحليل

النشا إلى جلوكوز. والانزيم الهاضم في الاسماك هو الذي يوجد في صورة الفا — اميليـــز هـــو الـــذي يكســـر النشا والجليكوجين لبعض السكريات الاحادية oligosaccharides يعمـــل علـــى تحـــويل النشا الى مخلوط من الجلوكوز والمالتوز في حين ان بيتا اميليز يعمل على الجزء المتبقي من النشا مكونا مالتوز .

ولتحلـــيل السكريات الثنائية والأحادية فهناك ثلاثة انواع من المحللات وهي جليكوسيداز ، جلاكتوسيداز ، الفراكتوسيداز ، فوجد أن المالتيز يتبع الألفاجليكوسيداز في حـــين أن الســـكريز Sacharases ربمـــا يتـــبع إحـــدى هذين النوعين وهما الألفاجليكوســـيداز أو البيتاجليكو سيداز في حين أن الإنزيم المحلل للسيليلوز والمعروف باسم السلوبيز Cellobiase يكون عبارة عن بيتا جليكوسيداز B-glucosidase

كما وجد أيضاً أن المالتيز يوجد في بلعوم الأسماك ويزداد في المرئ مدعما عن طريق عمل الأميليز ، وعلى الرغم من ذلك فان مرور الغذاء بسرعة في منطقة المـــرئ قـــد يقلل من هضم الكربوهدرات ولذلك فان معظم الكربوهيدرات يبدأ هضمها في المعدة وفي هذه المنطقة اى المعدة فان الاميليز والمالتيز يكونان موجودان بصـــورة جيدة ويتبعهم على مراحل عن طريق السكريز عمل اللاكتيز والسلوبيز مثليهما مثل بعض الأنزيمات الأخرى والمحللة للكربوهيدرات، ولكن عملهما يكون اقـــل من الانزيمات المتخصصة مثل الأميليز . واكبر كمية من الأميليز وجدت في الجـــزء الأوسط من الأمعاء والسكريز وجد في الجزء النهائي Distal gut أما في الجـــزء القريب من الأمعاء proximal gut فنسب هذه الإنزيمات الثلاثة السابقة كانت أقل وبالتالي اقل نشاطاً. وهناك عدة عوامل تتحكم في عمل الإنزيمات المحللة للكربوهيدرات:

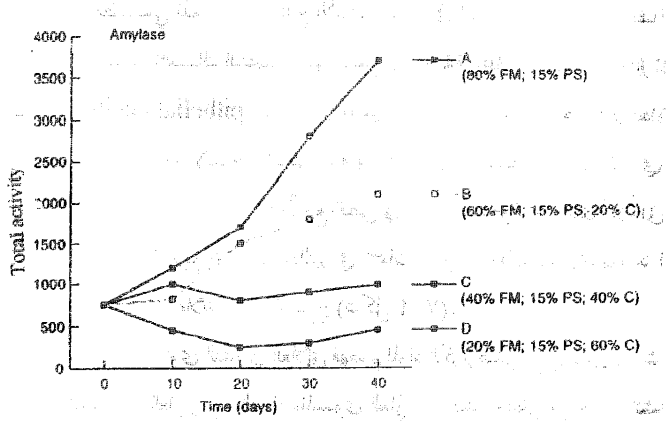
١- عمـــل هـــذه الأنـــزيمات في الأمعاء يتأثر بدرجة الحرارة ففي اسماك المياه الدافئة أظهـــرت نشـــاطا عالـــيا لهـــذه الأنزيمات من اسماك المياه الباردة والانزيمات المحللة للكربوهيدرات يمكن أن تعمل في مدى واسع لدرجة الحـــــرارة يتراوح مابين ٢٠-٤٠ °م معتمدا على نوع الأسماك وتعمل أيضاً في مدى من pH ما بين ٦ – ٨.

٢- نـــوع الأسمـــاك : فوجد بعض الباحثين أن إنزيم الاميليز وجد في معظم الأسماك ثنائية التغذية ونباتية التغذية مثل البلطي والمبروك ولكن الأسماك المفترسة مثل السالمون والثعابين كانت نسبة الأميليز في قنواتها الهضمية قليلة نسبيا على الـــرغم من ان دراسات أخرى وجدت أن الأميليز موجود بكميات كبيرة في القـــناة الهضـــمية لاسمـــاك التروت Rainbow trout. ووجد أنه في الجهاز الهضـــمي للمـــبروك إنتاج الأميليز يحدث في البنكرياس كما وجد أيضا انه في أمعـــاء اسمـــاك البلطـــي الموزمبيقي في الطبقة الطلائية الموجودة بجدار الأمعاء epithelial cells لا تنـــتج أميليز وإنزيم الأميليز يفرز ببطء في هذه الأسماك عـــن طرق الأنسجة البنكرياسية وثبت أن زيادة نسبة نشا البطاطس في علائق الأسمـــاك من ١٠-٩٠% مع نقص في نسب مسحوق السمك أدى الى تحسن في نشاط أنزيم الاميليز والمالتيز في اسماك المبروك وذلك بعد تأقلم هذه الأسماك على هذه العلائق ولمدة اسبوع (شكل ٤-٧).

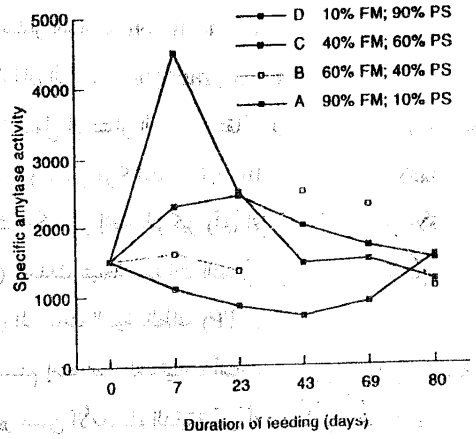
٣- مســـتوى النشا في العلائق فهضم المواد الكربوهيدراتية وخصوصا النشا يرتبط بمحتوى العلائق من النشا، فالمستوى العالي من النشا يخفض من هضم النشا ، فقد وجـــد أن أسماك التروت تمتص في أمعائها ٦٩% من النشا عندما يكون مستواه في العلـــيقة ٢٠% ولكن عندما يرتفع مستوى النشا في العليقة الى ٦٠% فان ٢٦% مـــنه فقـــط يمكن امتصاصه ، أما عند استخدام الدكسترين وهو ناتج من التحليل الجزئي للنشا أن هناك هضما أعلى من استخدام النشا نفسه ، فعند استخدام علائق

تحتوى على ٢٠% دكسترين فان ٧٧% منه يمتص ، ولكن عند مستوى ٦٠% دكسترين فان الممتص منه يكون حوالى ٤٥% فقط يعكس النشا والذي كان ٢٦% .وفي ابحاث أخرى عند استخدام مصادر مختلفة للكربوهيدرات في العلائق (مالتوز–لاكتوز–سكروز– نشا) وجد أن اللاكتوز والنشا ينشطان من انتاج وعمل المالتيز والأميليز.

كذلك وجد أن اسماك المبروك يمكن أن تتأقلم على العلائق الغنية بالكربوهيدرات والنشاط الأنزيمي في الأنسجة الكبدية السكرياسية تعمل وبصورة منتظمة مع العلائق الكربوهيدراتيه مما يحسن كذلك من هضم الأحماض الأمينية وتحلل الجليكوجين gluconeogeusis يصبح قليلا في الكبد والبنكرياس .



شكل (٤– ٧ أ): إستجابة نشاط إنزيم الأميليز فى أسماك البروت لعلائق مختلفة (FM) مسحوق سمك، (PS) نشا بطاطس ، (C) الفا سليلوز



شكل (٤ – ٧ ب): تأثير تركيب العليقة على نشاط إنزيم الأميليز في أسماك المبروك العادى

ثانياً : الإمتصاص Absorption

يمكـــن تعريف الإمتصاص بأنه عبارة عن نقل العناصر الغذائية المهضومة هضماً كلـــياً أو جزئياً من القناة الهضمية إلى تيار الدم فبعد هضم الغذاء فإن المركبات البسيطة الناتجة تنتقل خلال جدار الأمعاء وتمتص الى تيار الدم ومن المعروف انه

لا يتم امتصاص أى من المركبات الغذائية في الجزء العلوى من الجهاز الهضمي (البلعوم – المرئ – المعدة) ولكن معظم المواد الغذائية يتم إمتصاصها في الأمعاء.

ومن الظاهر أن ميكانيكية الإمتصاص فى أمعاء الأسماك تتشابه مع تلك الموجودة فى الثدييات. وتشمل عملية نقل العناصر الغذائية مايأتى:

١- الإنتشار السالب passive diffusion

٢- الإنتقال النشط active transport

ويشمل الإنتشار السالب إنتقال المركبات التى تتميز بإنخفاض وزنها الجزيئى وهى مركبات ذائبة فى الماء أو الدهن أما الإنتقال النشط فإنه يحدث عكس إتجاه التركيز (أى الإنتقال من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى) ويحدث نتيجة عمليات التمثيل التى تتم فى الخلية مع إستهلاك طاقة مخزنة فى المركبات الغنية بالطاقه (ATP).

ويتم إمتصاص البروتينات أساساً فى صورة أحماض الأمينية فى الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة وفى أسماك المبروك فقد أظهرت العديد من الأبحاث أن ٦٥% من الأحماض الأمينية يتم إمتصاصها فى النصف الأول من الأمعاء الدقيقة وفى بعض الحالات قد يتم إمتصاص ٧٠% من الأحماض الأمينية فى الربع الأول من الأمعاء الدقيقة. وأشارت ،تائج أبحاث أخرى أن إمتصاص الأحماض الأمينية يتم فى أماكن عديدة من الأمعاء ويعتمد ذلك على طبيعة مصدر البروتين ودرجة هدم البروتين وبالنسبة لمواد العلف الخضراء صعبة الهضم فإن البروتين الموجود بها يتم إمتصاصه فى نهاية الأمعاء.

أمـــا المواد الدهنية فيتم إمتصاصها فى صورة أحماض دهنيه وذلك فى الجزء الأمامى من الأمعاء.

وبالنسبة للمواد الكربوهيدراتية فلقد وجد أن إمتصاص الكربوهيدرات يحدث فى الجزء الأمامى من الأمعاء وجزء بسيط منها يمتص فى نهاية الأمعاء ويتم إمتصاص الكربوهيدرات فى صورة جلوكوز وسكريات أاحادية. أما الفيتامينات الذائبة فى الماء فإنها تمتص فى صورة حرة والفيتامينات الذائبة فى الدهن فتمتص فى صورة مستحلب دهنى. والعناصر المعدنية مثل الكالسيوم والفوســـفور فيتم إمتصاصهما معا أما العناصر المعدنية النادرةمثل النحاس والحديـــد والزنك فإنها تتحد مع البروتينات وتمر من خلال الطبقة المخاطية المبطـــنة للأمعـــاء إلى تـــيار الدم. ومن الملاحظ أن كل المركبات الغذائية المهضومة (ماعدا الدهون) يتم إمتصاصها من خلال الطبقة المخاطية المبطنة للأمعاء إلى الوريد البابى ومنه إلى الكبد. وتختلف الأسماك عن الثدييات فى أنها قناتها الهضمية لاتحتوى على أمعاء غليظة ولذلك يتم إمتصاص العناصر المعدنية فى الجزء الخلفى من الأمعاء.

الإخراج

يتم إخراج نواتج عمليات التمثيل الغذائى التى تتم فى جسم السمكة فى الـــبراز أو فى البول عن طريق فتحة المجمع كما يتم إخراج جزء كبير من نواتج هضم المواد البروتينية عن طريق الخياشيم فى صورة أمونيا. ونظراً لأن الأســـماك تعـــيش فى بيـــئة سائلة فيصعب جمع هذه المخلفات مما يصعب عملـــيات تقدير القيمة الهضمية لمواد العلف المستخدمة فى تغذية الأسماك ولـــذلك تتـــبع طرق خاصة بالأسماك فى تقدير معامل الهضم وهى بالطبع تختلف عن تلك المستخدمة فى حيوانات المزرعة.

الباب الخامس

طرق التقييم الغذائى لأعلاف الأسماك

د/ مجدى عبدالحميد سلطان د/ عبدالوهاب عبدالمعز عبدالوارث

تمثل تكاليف التغذية حوالى ٣٠-٦٠% من تكاليف إنتاج الأسماك ويتوقف ذلك على نوع الإستزراع السمكى المستخدم سواء كان ذلك إستزراع مكثف أو شبه مكثف أو إستزراع إنتشارى. ولذلك يجب تقييم الغذاء المستخدم فى التغذية تقييماً سليماً وذلك للحصول على أكبر إنتاج سمكى بأقل تكاليف للحصول على أكبر ربح ممكن من العملية الإنتاجية. وهناك العديد من الطرق التى تستخدم فى تقييم مواد العلف والتى سوف نوجز أهمها فيما ياتى:

(١) التحليل الكيميائى Proximate analysis

يعتبر التحليل الكيميائى لمادة العلف هو أولى خطوات تقييم الغذاء ولكن لا يمكن إعتباره تقديراً نهائياً للحكم على مادة علف معينة كما يعتبر الأساس الذى يبنى علية باقى طرق تقييم مواد العلف المستخدمة فى تغذية الأسماك والحيوانات والدواجن. ومما هو جدير بالذكر أن القيمة الغذائية لأى مادة علف لا تعتمد على التركيب الكيميائى فقط فقد تحتوى مادة العلف على نسبة عالية من البروتين (على سبيل المثال) إلا أن الكمية الميسرة من هذا البروتين للأسماك بسيطة وبالتالى فتقييم مادة العلف على أساس تركيبها الكيميائى فقط لايعطى فكره كامله وصحيحة عن القيمة الغذائية لمادة العلف بل أنه يعطينا فكرة تقريبية طالما أن الغذاء الذى تتناوله الاسماك لايستفاد منه

بأكملـــه بـــل أن هـــناك جزء لايتم هضمه ويطرد خارج الجسم ولاتستفيد منه الأسمـــاك. هـــذا وتـــتوقف القيمة الغذائية الحقيقية لأى مادة علف على مدى إستفادة الجسم من هذا العلف، ولذلك فلابد من دراسة والتعرف على القيمة الهضمية لمادة العلف لتقدير مدى إستفادة الأسماك منها.

وتشـــمل عمليات التحليل الكيميائى لأى مادة علف على تقديرات الـــرطوبة والـــبروتين والدهن الخام وكذلك الألياف وارماد والكربوهيدرات الذائبة. وتقدر هذه المركبات بإستخدام طرق قياسية عالمية متفق عليها.

(٢) طرق قياس الهضم Digestability coefficent

الطريقة المباشرة:

وتعتمد هذه الطريقة على قياس كمية الغذاء المأكوله بواسطة السمكة وجمع كل الروث الناتج. وإذا أمكن جمع الإفرازات المختلفة وتحليلها فإنه يمكن بالطرح المباشر للمركبات الغذائية الموجوده فى الإفرازات من مثيلاتها فى الغذاء نحصـــل على الكمية المحتجزه داخل الجسم. وهذه الطريقة تسمح بقياس ميزان النتروجين والكربون بالإضافة إلى قيم الطاقة المهضومة والطاقة الممثلة. كما أنه لاتوجد مشكله لذوبان المكونات الغذائية من الروث حيث أن كل الماء الموجود فى غـــرفة جمع الإفرازات يخضع للتحليل. وقد أمكن إستخدام هذه الطريقة مع أسماك التروت rainbow trout وذلك بتغذية السمكة على كمية معلومة من الغذاء ثم جمع الروث والإفرازات بالتتابع وتحليلها لعناصرها الغذائية. وإستخدام هذه الطريقة يؤدى إلى تعرض السمكة لإجهاد عالى وبالتالى تكون النتائج غير دقيقة إلى حد ما.

الطريقة الغير مباشرة:

وفى هـــذه الطريقة يتم إضافة مرقم marker إلى العليقة بحيث يكون هـــذا المـــرقم غير قابل للهضم ولايكون سام للحيوان ولايؤثر على العمليات الفســيولوجية فى الجســـم ومن أكثر المرقمات إستخداماً هو أكسيد الكروم (Cr_2O_3) حـــيث يوضع فى الغذاء بتركيز ٠,٥ - ١%. ويجب أن تظل كمية المـــرقم فى الغـــذاء والروث ثابته طول فترة التجربة وقابلية هضم المادة الغذائية يمكـــن تحديدها بإيجاد الفرق بين تركيزات المرقم فى الغذاء والروث كما يتضح من المعادلة التالية:

$$\text{معامـــل هضم المادة الغذائية} = ١٠٠ - \left[\frac{\text{نسبة المرقم فى الغذاء} \times \text{نسبة المركب الغذائى فى الروث}}{\text{نسبة المرقم فى الروث} \times \text{نسبة المركب الغذائى فى الغذاء}} \right] \times ١٠٠$$

وتســـتخدم هـــذه الطـــريقة لتقدير معاملات الهضم لكل من الطاقة، البروتين الخام، الكربوهيدرات، الدهون والمادة الجافة للعديد من أنواع الأسماك. وتعتـــبر هذه الطريقة من افضل الطرق المستخدمه فى قياس معامل الهضم حيث أنـــه بإستخدام هذه الطريقة لانكون فى حاجة إلى جمع كل الروث الناتج من الأسماك طول فترة تجربة الهضم. ومن الأهمية بمكان إستخدام طريقة جمع الروث الـــتى تضـــمن عدم فقد عناصر الروث فى الماء حيث أن فقد بعض مكونات الـــروث بالـــذوبان فى الماء تؤدى إلى الحصول على نتائج خاطئة لمعامل هضم العناصر الغذائية.

وهـــناك العديد من الطرق التى تستخدم فى جمع الروث فقد يتم جمع الروث من المستقيم مباشرة بإستخدام أداة سحب شرجية aspiration anal أو بواسطة الإستئصال الجراحى surgical excision أو التدليك stripping

وذلـــك لتقليل مشكلة ذوبان العناصر الغذائية فى الماء. وعند إستخدام طريقة التدليك فى جمع الروث يراعى الحذر حتى لايتم جمع جزء من الغذاء المهضوم أو مـــن ســـوائل القناة الهضمية، وعلى أية حال إذا تم جمع الروث من الأحواض التجـــريبية بعد إفرازه مباشرة فسوف نحصل على بيانات معقولة عن معاملات الهضم.

ومما هو جدير بالذكر أن معامل الهضم المتحصل عليه هو معامل هضم ظاهرى وذلك لأن البيانات المتحصل عليها والداخله فى حساب قيمته بيانات ظاهـــرية ففـــى أسمـــاك التروت وجد أن ١ر٣% من نتروجين الروث ليس مصـــدرها الغـــذاء ولكـــنها تأتى من جسم السمكة (تفرز من القناه الهضمية وتشمل الإنزيمات والببتيدات والخلايا الطلائية) ويمكن تقديرها بتغذية مجموعة من الأسماك على عليقة خالية من الأزوت. كما أن هذه النسبة ترتفع إلى ٤ر٣ % عـــندما تـــرتفع درجـــة الحرارة من ٧ إلى ١٩°م. وهذا الفرق بين الهضم الظاهرى والحقيقى يتوقف أحياناً على العادات الغذائية للأسماك وعلى أية حال فـــإن تقدير معامل الهضم الظاهرى هو الأكثر شيوعاً ويعتبر كافياً للحكم على القيمة الهضمية للغذاء.

ويتأثـــر هضم المواد الغذائية بدرجة حرارة البيئة المائية التى تعيش فيها الأسماك حيث يؤدى إرتفاع أو إنخفاض درجة حرارة الماء عن المدى الملائم لنمو الأسماك إلى إنخفاض معامل هضم الغذاء. كما تؤثر كمية الغذاء المقدم للأسماك علـــى معامل الهضم حيث تؤدى زيادة كمية الغذاء عن إحتياجات الأسماك إلى إنخفاض قيمة معامل الهضم للغذاء.

(٣) تقدير معدل النمو النسبى Specific growth rate

ويحسب معدل النمو النسبى بإستخدام المعادلة التالية:

$$\text{معدل النمو النسبى} = \frac{\text{الوغاريتم الطبيعى لوزن الجسم النهائى} - \text{الوغاريتم الطبيعى لوزن الجسم فى البداية}}{\text{عدد الأيام}} \times ١٠٠$$

ويزداد معدل النمو النسبى مع كل وبادة فى معدلات النمو وهو إنعكاس لمدى وفاء العليقة بالإحتياجات الغذائية لنوع الأسماك.

(٤) الإستفادة من الغذاء Feed utilization

(أ) معدل التحويل الغذائى Feed conversion ratio

وهو عبارة عن كمية الغذاء (بالجرام) واللآزمة للأسماك لزيادة وزنها بمقدار جرام وزن (حى).

$$\text{معدل التحويل الغذائى} = \frac{\text{كمية الغذاء (بالجرام)}}{\text{مقدار الزيادة فى وزن الجسم (بالجرام)}}$$

وزيـــادة قيمة هذا المعامل تعنى إنخفاض درجة الإستفادة من الغذاء فى حين أن إنخفـــاض قـــيمة هذا المعامل تعنى زيادة درجة الإستفادة من الغذاء. وعند حســـاب هذا المعامل فى أحواض الإستزراع السمكى فى الأحواض الترابية فإن هذه النسبة تعتبر غير صحيحة وذلك لإهمال دور الغذاء الطبيعى فى نمو الأسماك وعلـــى ذلك فإن قيمة معامل تحويل الغذاء FCR فى هذه الحالة تكون ظاهرية وليست حقيقية ويمكن حساب معامل تحويل الغذاء الظاهرى والحقيقى وذلك بتـــربية الأسمـــاك فى حوضـــين بحيث يكون عدد ووزن الأسماك ثابت فى كلا

الحوضين على أن يتم تغذية الحوض الأول بالعليقة المراد حساب معدل التحويل الغذائى لها ويترك الآخر بدون تغذية حيث تعتمد الأسماك فى التغذية على الغذاء الطبيعى المتاح فى هذا الحوض وفى نهاية فترة النمو يمكن حساب معامل التحويل الغذائى الظاهرى بقسمة كمية العلف المستخدمة فى تغذية الحوض الأول طول فترة نمو الأسماك مقسوماً على محصول الأسماك المتحصل عليه من الحوض الأول وللحصول على معامل التحويل الغذائى الحقيقى فإنه يجب قسمة كمية العلف المستخدم فى تغذية الأسماك فى الحوض الأول على الفرق فى محصول الأسماك المتحصل علية من الحوضين.

ونظراً لأن معدل التحويل الغذائى FCR هو نسبة بين كمية الغذاء المستهلك والنمو لذلك فإن أي عامل يؤثر فى نمو السمكة سوف يؤثر فى معدل التحويل الغذائى كما أن كمية الغذاء التى تستخدم لحفظ الحياه سوف تؤثر فى قيمة معامل التحويل الغذائى وتعتبر كمية الغذاء ومكوناته من العوامل الهامه التى تؤثر فى قيمة معدل التحويل الغذائى فإذا كانت كمية الغذاء كافية فقط لسد إحتياجات حفظ الحياه أو تقل عن ذلك فى هذه الحالة ستكون قيمة معدل التحويل الغذائى FCR مالا نهاية وذلك لعدم نمو الأسماك ومع زيادة كمية الغذاء المتاح للأسماك فإن كمية كبيرة من الطاقة سوف تتجه للنمو وفى أسماك ال largemouth bass وجد أن الطاقة المستخدمة فى النمو سوف تزداد تدريجياً من الصفر (عند مستوى حفظ الحياه) وحتى ٤٠% وذلك عند الشبع ولذلك فإن معدل تحويل الغذاء يقل مع زيادة مستوى التغذية حتى يصل إلى أقل قيمة له. ولذلك فإن زيادة مستوى التغذية عادة ماتكون مصحوبة بزيادة تدريجية فى قيمة معدل التحويل الغذائى (إنخفاض درجة الإستفادة من الغذاء)

حتى تصبح كمية الغذاء أكبر من إحتياجات الأسماك وعند هذه النقطة تحدث زيادة حادة فى قيم معدل التحويل الغذائى.

ومن الناحية الإقتصادية فإنه يجب إستخدام معدلات التغذية التى تحقق أكبر عائد إقتصادى وذلك بإستخدام معدلات التغذية حتى الوصول إلى النقطة التى يتساوى فيها ثمن الأعلاف الزائد مع ثمن الزيادة فى وزن الأسماك.

ويمكن تلخيص أهم العوامل التى تؤثر فى قيمة معدل التحويل الغذائى فيما يأتى:

١- درجة الحرارة: فلقد وجد أن قيمة معامل التحويل الغذائى لأسماك القرموط تقل (تزداد درجة الإستفادة من الغذاء) مع زيادة درجة الحرارة فى المدى من ١٨-٣٠°م وهذا بالطبع راجع إلى انه بزيادة درجة الحرارة تزداد نسبة الطاقة المستخدمة فى النمو وتقل النسبة المستخدمة فى حفظ الحياة.

٢- نوع الأسماك: حيث أن معامل التحويل الغذائى لأسماك التروت يتراوح مابين ١-٥ر١ أما مبروك الحشائش فتتراوح قيمة معامل التحويل الغذائى له مابين ١-٤ أما أسماك البلطى فتتراوح مابين ١-٢.

٣- مكونات العليقة: حيث تؤدى إختلال نسبة البروتين والطاقة فى العليقة إلى إنخفاض درجة الأستفادة من الغذاء وبالتالى إنخفاض معامل التحويل الغذائى. ومما هو جدير بالذكر انه يصعب إستخدام معامل التحويل الغذائى فى مقارنة العلائق المختلفة فى محتواها من البروتين والطاقة ولذلك ولحل هذه المشكلة فإنه يجب إدخال الكفاءة الإقتصادية فى الحساب وذلك بضرب قيمة معامل التحويل الغذائى FCR فى تكاليف الكيلوجرام من وزن الأسماك الحى لكل عليقة

وعـــندها نســـتطيع أن نقارن بين كفاءة إستخدام العلائق المختلفة فى تغذية الأسماك.

٤- معـــدل الـــتغذية (كمية الغذاء): لقد أشارت العديد من الأبحاث أنه بزيادة كمية الغذاء المتاحه للأسماك تقل درجة الإستفادة من هذا الغذاء وبالتالى تنخفض قيمة معامل التحويل الغذائى.

٥- حجـــم الأسماك : حيث وجد أن معامل التحويل الغذائى يزداد كلما تقـــدمت الأسمـــاك فى العمر فالأسماك الصغيرة يكون معامل التحويل الغذائـــى لهـــا مـــنخفض بينما الأسماك البالغة والكبيرة يكون معامل التحويل الغذائى لها مرتفعاً.

٦- وفـــرة الغذاء الطبيعى: حيث تتأثر قيمة معامل التحويل الغذائى بكمية الغـــذاء الطبيعـــى الموجود فى الحوض ولذلك يجب اخذ كمية الغذاء الطبيعى المتاحة للأسماك فى الحوض عند حساب قيمة معامل التحويل الغذائى.

٧- عـــدد مرات التغذية: تؤدى زيادة عدد مرات التغذية إلى زيادة درجة هضم وإمتصاص الغذاء وبالتالى الإستفادة من الغذاء المتاح وبالتالى فإنه يجـــب تقديم الغذاء للأسماك على دفعات وليس على دفعة واحدة وإلا قلت درجة الإستفادة من الغذاء.

(ب) الكفاءة النسبية للغذاء **Feed efficiency ratio**

وفى هذا المقياس يتم قياس كفاءة كل وحدة غذاء يتم تغذية الأسماك عليها ولحساب الكفاءة النسبية للغذاء فإننا نستخدم المعادلة التالية :

الكفـــاءة النســـبية للغذاء = النمو بالجرامات / الغذاء المأكول بالجرامات (على اساس المادة الجافة)

مثال:

فى إحـــدى التجارب كان متوسط وزن الأسماك فى بداية التجربة ١٠ جـــرام وفى نهايـــة التجـــربة كان متوسط وزن السمكة ١٠٠ جرام فإذا كان متوســـط إســـتهلاك الغذاء للسمكة الواحدة ١٨٠ جرام (على أساس الوزن الجاف). أحسب معامل التحويل الغذائى و كذلك الكفاءة النسبية للغذاء.

الحل

معدل التحويل الغذائى = كمية الغذاء (بالجرام) / مقدار الزيادة فى وزن الجسم (بالجرام)

= ١٨٠ / ١٠٠-١٠ = ١٨٠ / ٩٠ = ٢

ومعنى ذلك ان إنتاج ١ كجم من الأسماك يحتاج إلى ٢ كجم من العلف

الكفـــاءة النســـبية للغذاء = النمو بالجرامات / الغذاء المأكول بالجرامات (على اساس المادة الجافة)

= ١٠٠-١٠ / ١٨٠ = ٩٠ / ١٨٠ = ٠ر٥

ومعنى ذلك أن كل كيلو جرام من الغذاء ينتج نصف كيلوجرام وزن أسماك حى

(٥) تقييم الغذاء بإستخدام طرق تقييم البروتين:

(أ) الكفاءة النسبية للبروتين Protein efficiency ratio

ويستخدم هذا المقياس فى تقدير كفاءة كل وحدة بروتين يتم التغذية عليها ولحساب الكفاءة النسبية للبروتين تستخدم المعادلة التالية:

$$\text{الكفاءة النسبية للبروتين} = \frac{\text{النمو بالجرامات}}{\text{البروتين المأكول بالجرامات (على اساس المادة الجافة)}}$$

وهذا المقياس من المقاييس الشائعة فى تقييم كفاءة الغذاء وعند إستخدام هذا المقياس فإنه يلزم معرفة متوسط الزيادة فى وزن جسم السمكة فى فترة ما وذلك بإيجاد الفرق بين متوسط وزن الأسماك فى بداية ونهاية فترة التغذية وكذلك حساب كمية البروتين التى استهلكتها السمكة خلال فترة التغذية وهو عبارة عن كمية الغذاء المستهلك مضروباً فى نسبة البروتين فى الغذاء.

مثال:

فى إحدى التجارب كان متوسط وزن الأسماك فى بداية التجربة ١٠ جرام وفى نهاية التجربة كان متوسط وزن السمكة ١٠٠ جرام فإذا كان متوسط إستهلاك الغذاء للسمكة الواحدة ١٨٠ جرام (على أساس الوزن الجاف) وكانت نسبة البروتين فى العليقه ٣٠%. أحسب الكفاءة النسبية للبروتين.

الحل

الزيادة فى وزن الجسم (النمو) = ١٠٠-١٠ = ٩٠ جرام

كمية البروتين المستهلكة = ١٨٠ × ٠ر٣٠ = ٥٤ جرام

الكفاءة النسبية للبروتين = $\frac{٩٠}{٥٤}$ = ١ر٦٦

(ب) الكفاءة الإنتاجية من البروتين **Protein Productive value (PPV)**

ويتم حساب هذا المقياس بإستخدام المعادلة التالية:

الإستفادة الأنتاجية من البروتين (PPV) = $\frac{\text{كمية البروتين المحتجزة داخل جسم الأسماك عند نهاية فترة النمو} - \text{كمية البروتين المحتجزة داخل جسم الأسماك عند بداية فترة النمو}}{\text{البروتين المأكول (على اساس المادة الجافة)}}$

مثال:

إذا كان متوسط وزن أسماك فى بداية فترة نمو ١٠ جرام وفى نهاية هذه الفترة ١٠٠ جرام وكان متوسط نسبة البروتين فى جسم السمكة فى بداية فترة النمو ٦٠% وفى نهاية هذه الفترة ٧٠% وكان متوسط إستهلاك العلف المحتوى على ٣٠% بروتين خام هو ١٨٠ جرام. أحسب معامل الإستفادة الإنتاجية للبروتين .

الحل

كمية البروتين فى جسم السمكة عند بداية فترة النمو = ١٠× ٠ر٦٠ = ٦ جرام

كمية البروتين فى جسم السمكة عند نهاية فترة النمو = ١٠٠× ٠ر٧٠= ٧٠ جرام

كمية البروتين المأكوله = ١٨٠ × ٠ر٣٠ = ٥٤ جرام

الإستفادة الأنتاجية من البروتين (PPV) = $\frac{٧٠ - ٦}{٥٤} = \frac{٦٤}{٥٤} = ١ر١$

(جـ) الإستفادة البروتينية الفعلية Net protein Utilization (NPU)

وفيها يتم إستخدام البروتين الكلى لقياس البروتين المستفاد به أثناء فترة النمو لكل وحدة بروتين ممتصة بواسطة الأسماك ولحسابة يجب معرفة محتوى جسم الأسماك من البروتين عند بداية ونهاية فترة النمو وذلك لمعرفة كمية البروتين المحتجزه داخل جسم الأسماك وكذلك حساب كمية البروتين المستهلك وكمية البروتين المهضوم. ويمكن حساب الإستفادة الفعلية كالآتى:

الإستفادة البروتينية الفعلية =

كمية البروتين المحتجزة داخل جسم الأسماك عند نهاية فترة النمو – كمية البروتين المحتجزة داخل جسم الأسماك عند بداية فترة النمو

كمية البروتين الموجودة فى الغذاء × معامل هضم البروتين

مثال:

إذا كان متوسط وزن أسماك فى بداية فترة نمو ١٠ جرام وفى نهاية هذه الفترة ١٠٠ جرام وكان متوسط نسبة البروتين فى جسم الأسماك فى بداية فترة النمو ٦٠% وفى نهاية هذه الفترة ٧٠% وكان متوسط إستهلاك العلف المحتوى على ٣٠% بروتين خام هو ١٨٠ جرام فإذا كان معامل الهضم للبروتين ٩٠ %. أحسب معامل الإستفادة الفعلية للبروتين.

الحل

كمية البروتين فى جسم السمكة عند بداية فترة النمو = ١٠× ٦٠ر٠ = ٦ جرام

كمية البروتين فى جسم السمكة عند نهاية فترة النمو=١٠٠× ٧٠ر٠ = ٧٠ جرام

كمية البروتين المأكوله = ١٨٠ × ٠ر٣٠ = ٥٤ جرام

كمية البروتين المهضوم = ٥٤ × ٠ر٩٠ = ٤٨ر٦ جرام

الإستفادة البروتينية الفعلية (NPU) = $\frac{٧٠ - ٦}{٥٤ \times ٠ر٩٠}$ = $\frac{٦٤}{٤٨ر٦}$ = ١ر٣

(٥) الطرق المستخدمة لتقييم الطاقة الغذائية

Methods used to evaluate dietary energy

تلعب الطاقة الموجودة فى مواد العلف أهمية كبيرة عند تصنيع الأعلاف ولذلك يجب بحث محتوى العلف من الطاقة بدقة ومراحل تمثيل الطاقة يجب أن يؤخذ فى الإعتبار وذلك لمعرفة مدى إستفادة الأسماك من الطاقة الكلية الموجودة فى الغذاء وعلى أى حال فإن محتوى الغذاء من الطاقة يتم تقديرة إما بإستخدام الطاقـــة الكلية أو الطاقة المهضومة أو الطاقة الممثلة ولو أن الصورة الأخيرة هى الأدق والأكثر إستخداماً فى مجال تغذية الأسماك.

(٦) التقييم الإقتصادى Economical evaluation

يعـــتمد تصـــنيع وتقييم الغذاء أساساً على أن يتم الإنتاج بأقل سعر للوحدة ولذلك يجب الإلمام بالتقييم الإقتصادى لغذاء الأسماك وذلك للحصول علـــى أكبر كمية من الإنتاج وبأقل تكاليف ممكنة لتحقيق أكبر ربح ممكن من العملـــية الإنتاجية. وعموماً يتم حساب الكفاءة الإقتصادية للعلائق من خلال حساب ثمن العليقة المستخدمة لإنتاج كيلوجرام من الأسماك. فمثلاً إذا تناولت أسماك عليقة ثمن الكيلوجرام الواحد منها ٣ جنيه وكان معدل التحويل الغذائى

لهـــذه الأسماك ٥ر١ كيلوجرام علف /كيلوجرام نمو وكان ثمن كيلوجرام من الأسماك ٨ جنيه فإن الكفاءة الإقتصادية يتم حسابها كما يلى:

$$\text{الكفاءة الإقتصادية} = \frac{٣ \times ٥ر١}{٨} \times ١٠٠ = \frac{٥ر٤}{٨} \times ١٠٠ = ٥٦ر٢٥\%$$

الباب السادس

التمثيل الغذائى Metabolism

أ.د/ نبيل فهمي عبدالحكيم

هو مجموع العمليات البيولوجية المتضمنة فى تمثيل مواد الغذاء الممتصة وإستخدامها فى النمو وكذلك بناء مكونات الجسم المختلفة وإنتاج الطاقة.

التمثيل الغذائى للكربوهيدرات Carbohydrate metabolism

الفعل التوفيرى للبروتين من خلال إستخدام الكربوهيدرات كمصدر بديل للبروتين فى إنتاج الطاقة يتباين بين القلة إلى الكثرة النسبية حسب نوع الأسماك. فالأسماك لايمكنها التحكم وتنظيم مستوى جلوكوز الدم فى أجسامها كما هو الحال فى الحيوانات ذات الدم الحار لذلك فالأسماك تقوم بعملية تنظيم مستوى الجلوكوز فى أجسامها بطريقة تشبه الحيوانات المريضة بمرض سكر الدم. بعد أن يتم تناول الجلوكوز فى الأسماك يرتفع مستواه فى الدم بسرعة ويحتاج إلى عدة ساعات لكى ينخفض مرة أخرى إلى مستواه الطبيعى. فى أسماك السالمون تحتاج عملية إستعادة مستوى جلوكوز الدم إلى مستواه الطبيعى حوالى عشر أضعاف الزمن الذى يحتاجه الفأر. الأسماك تستطيع أكسدة الهياكل الكربونية للأحماض الأمينية المنزوعة مجموعة الأمين إلى طاقة بطريقة أكثر كفاءة عن الجلوكوز. ونظراً لأن الأسماك تطورت فى بيئة فقيرة فى الكربوهيدرات فإنها لاتستطيع تمثيل الكربوهيدرات بكفاءة وبالرغم من ذلك فإن أسباب ضعف تمثيل الكربوهيدرات فى الأسماك غير معروفة للآن.

والكـــربوهيدرات الـــتى تمتص أساساً فى الأسماك فى صورة جلوكوز لها ثلاثة وظائف تمثيلية أساسية هى:

(١): تعتبر مصدراً متوسطاً للطاقة

(٢) تخزن فى صورة جليكوجين كطاقة مخزنة بالجسم

(٣) تخلـــق مـــنها الدهون والأحماض الأمينية الغير ضرورية وبعض المركبات الأخرى

تبدأ عملية التمثيل الغذائى بفسفرة الجلوكوز حيث يتحول الجلوكوز إلى جلـــيكوجين مخزن فى الكبد أو يتم تكسيره فى دورة التمثيل اللاهوائى أو الهوائـــى Embden-Meyerhof أو دورة فوسفات البنتوز (شكل ٦-١). ودورة مايـــرهوف تســـتخدم الجلوكـــوز ٦-فوسفات ليتحول إلى بيروفات glycolysis فى حـــين أنه فى دورة فوسفات البنتوز pentose-phosphate يـــتم تحـــويله إلى ريبوز أو إلى مركبات أخرى لكر يدخل مرة أخرى فى دورة مايرهوف متحولاً إلى بيروفات.

الـــبيروفات تـــبدأ فى الدخـــول إلى الميتاكوندريا بالخلايا لتتحول إلى الأســـتيل (٢ ذرة كربون) الذى يتحد مع المعاون الأنزيمى A ليتكون الأستيل معـــاون A حـــيث يتم تحفيز هذا التحول بواسطة إنزيم ذيهيدروجينيز- ويتم دخـــول الأســـتيل معاون A إلى دورة كرب (دورة الأحماض الكربوكسيلية الثلاثية) (شكل ٦-٢) وذلك بإتحادة مع الأوكسالوخلات oxaloacetate فى دورة الأحماض الثلاثية (دورة كرب أو التمثيل الهوائى) يتم إنطلاق الكربون فى صـــورة ثانى أكسيد الكربون إما الهيدروجين فيتم إنتقاله إلى المعاونات الإنزيمية النـــيكوتين أميد داى نيكلوتيد NAD^+ وكذلك الفلافين أدنين داى نيكليوتيد

FAD. وهذه المعاونات الإنزيمية السابقة تقوم بنقل ذرات الهيدروجين إلى نظام السيتوكروم الإنزيمى (سلسلة نقل الألكترون) والتى من خلالها يتم نقل الهيدروجين (الألكترون) إلى الأوكسيجين الجزيئى مكونة جزيئات الماء. ومن خلال عمليات نقل الهيدروجين ليتحد مع الأكسجين تنطلق الطاقة. بعض من هذه الطاقة الناتجة تفقد مباشرة كحرارة والجزء الآخر منها يتحول إلى طاقة مخزنة فى صورة جزيئات ATP (الأدينوزين ثلاثى الفوسفات) خلال عمليات الأكسدة الفوسفورية التى من خلالها تخزن الطاقة المنطلقة فى صورة طاقة كيميائية فى الروابط الفوسفورية بمركب ATP نتيجة إتحاد الفوسفور الغير عضوى بمركب الأدينوزين ثنائى الفوسفات لتكوين الأدينوزين ثلاثى الفوسفات.

ومركب ATP يتكون من قاعدة آزوتية (الأدنين) وكذلك سكر خماسى به خمسة ذرات كربون (سكر الريبوز) وثلاثة وحدات من الفوسفور (شكل ٦-٣). وهناك بعض المركبات التى لها وظيفة شبيهه ب ATP ولكنها أقل كفاءة منه وتحتوى على قواعد آزوتية مختلفة مثل GTP المحتوى على قاعدة الجوانين الآزوتية أو UTP المحتوى على اليوراسيل أو CTP المحتوى على السيتوزين.

خلال عملية حرق وهدم الجلوكوز إنتاج الطاقة بالجسم يتكون من ٦ -٨ جزئ ATP من كل جزئ جلوكوز لتحول إلى جزيئين من البيروفات. وعند أكسدة ٢ جزئ من البيروفات خلال دورة الأحماض الثلاثية (الهوائية) يتكون ٣٠ جزئ من ATP وبذلك فإن الناتج النهائى من أكسدة جزئ واحد من الجلوكوز ينتج مابين ٣٦-٣٨ جزئ من ATP . وإنتاج كل جزئ من ال ATP يعنى أن هناك ٣ر٧ كيلوكالورى من الطاقة أمكن تخزينها فى صورة

طاقـــة كيميائـــية خـــلال عملـــية الأكســـدة الفوســـفورية Oxidative phosphorylation وكفـــاءة تحويل طاقة جزئ الجلوكوز الذى يحتوى على طاقة كلية تبلغ ٦٧٣ كيلو كالورى/وزن جزيئى تبلغ ٤٠% وهو ناتج ضرب الآتى:

$$\frac{\text{٣٦ إلى ٣٨ جزئ ATP} \times \text{٧٫٣ كيلوكالورى}}{\text{٦٧٣ كيلوكالورى (الطاقة الكلية للوزن الجزيئى للجلوكوز)}} \times \text{١٠٠=٣٩ إلى ٤١\%}$$

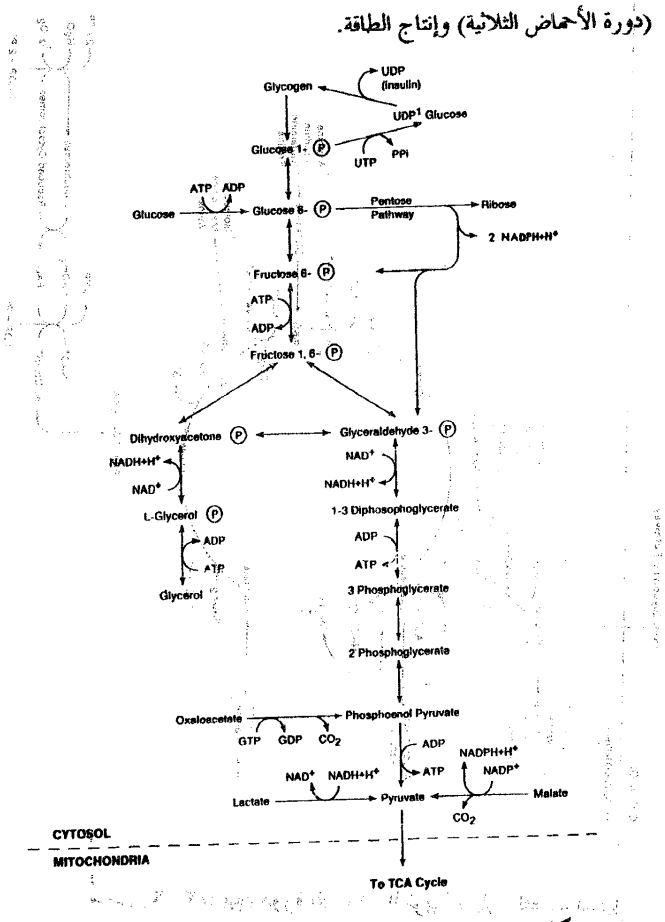
أو بمعنى آخر

$$\frac{\text{٣٨ مول ATP} \times \text{٧٫٣ كيلوكالورى}}{\text{٦٧٣}} \times \text{١٠٠} = \text{٤٠\%}$$

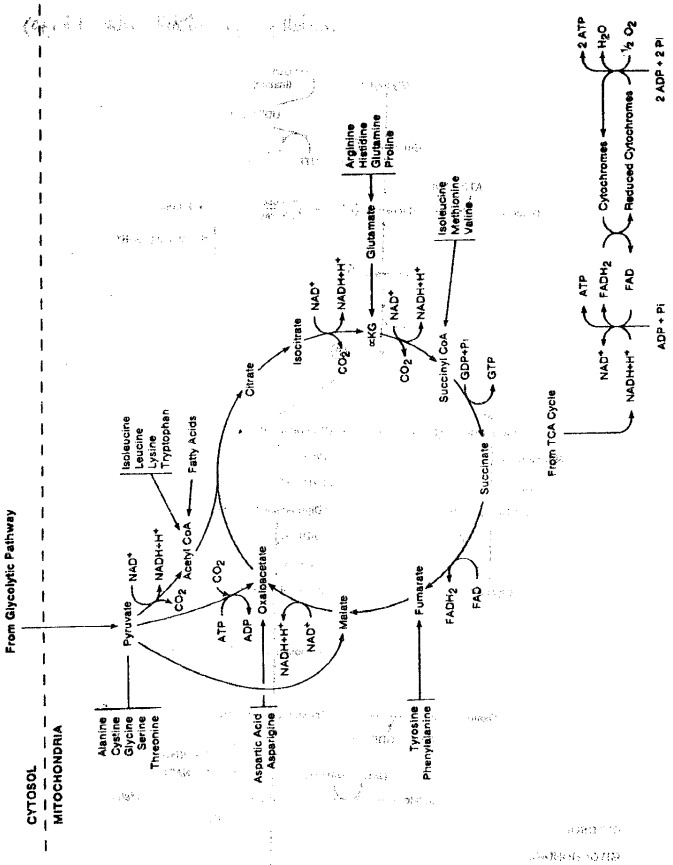
لاحظ أيضاً فى شكل (٦-١، ٦-٢) أن الأحماض الكيتونية الناتجة من الأحماض الأمينية وكذلك الجلسريدات الثلاثية يتم أكسدها أيضاً خلال دورة الأحماض الثلاثية. الأحماض الكيتونية تمثل خلال دورة البيروفات أو خلال دورة الأحمـــاض الثلاثية من خلال الأستيل معاون A أو فى اى خطوة من خطوات دورة الأحماض الثلاثية – الجليسيرين الناتج من هضم وتحلل الدهون يتم تمثيلة مـــن خـــلال دورة تمثـــيل الكربوهيدرات فى صورة ديهيدروكسى أسيتون فوســـفات (الدورة اللاأهوائية) أما الأحماض الدهنية فإنها تمثل بعد تحويلها إلى أستيل معاون A.

أوضـــحت الـــبحوث أن أنسجة الأسماك تحتوى على جميع الإنزيمات المتضمنة فى عملية تمثيل الكربوهيدرات الغذائية مثل الحيوانات الأرضية. وجد أن القلب وكذلك العضلات البيضاء عادة ماتظهر أكبر معدل للتمثيل الغذائى للكـــربوهيدرات يليها المخ والكلية والخياشيم والكبد. ويبدو أن دور الكبد فى عملـــية تمثيل الكربوهيدرات ينحصر فى إمداد الجسم ببدائل مركبات وسطية

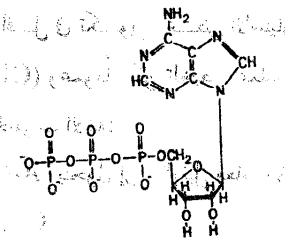
تســتخدم فى عملــيات التخليق الحيوى وليس تخليق البيروفات لحرقها خلال عمليات هدم الكربوهيدرات المختلفة فى التمثيل اللاهوائى (البيروفات) والهوائى (دورة الأحماض الثلاثية) وإنتاج الطاقة.



شكل (٦-١) يبين الدورة اللاهوائية لحرق الكربوهيدرات بالجسم



شكل (٦-٢): يبين دورة الأحماض الكربوكسيلية الثلاثية لتمثيل الكربوهيدرات هوائياً (دورة حمض الستريك)



شكل (٦-٣): مركب الأدينوزين ثلاثى الفوسفات

وجـــدت معظـــم الإنزيمات الخاصة بدورة الأحماض الثلاثية وكذلك المركبات الوسطية فى هذه الدورة بأنسجة الأسماك مما يثبت أن دورة الأحماض الثلاثية موجودة وفعالة فى العمليات الأيضية والتمثيلية بالأسماك. كذلك أمكن إثبات أن هناك عمليات لتخليق الجلوكوز **gluconeogenesis** من المركبات الأخرى موجودة فى الأسماك. أظهرت نتائج لبعض البحوث أن وجود كميات كـــبيرة مـــن الجليكوجين المخزن فى كبد الأسماك التى فى حالة صوم يفسر ان عملـــية تكوين الجلوكوز تتم من خلال الهياكل الكربونية للأحماض الأمينية مما يمنع تكسير الجليكوجين لتكوين الجلوكوز اللآزم للحياة فى حالة الصيام.

تمثيل الدهون **Lipid metabolism**

تـــتم عملية تخليق الدهون فى الأسماك فى صورة دهن مخزن بالجسم من خـــلال الأســـتيل معاون-A عن طريق ذرتى كربون مصدرها الجلوكوز أو الهـــياكل الكربونية للأحماض الأمينية منزوعة الأمين. وحدات الخلات المحتوية على ذرتى الكربون تدخل فى تكوين هيكل الحمض الدهنى بالمتيك (C16:0)

أساســاً وبدرجــة أقــل فى تكــوين حمــض الأستيارك (C18:0) وحمض الميريستســك (C14:0) وعموماً يمكن تلخيص عملية تخليق الأحماض الدهنية lipogenesis فى الخطوات الآتيه:

١- الأســتيل معاون-A يتحول إلى مالونيل معاون-A عن طريق إضافة ثانى أكسد الكربون CO_2.

٢- يــتحد المالونــيل معــاون-A مــع بروتين نشط ACP ليتكون مركب الأسيتوأستيل- ACP.

٣- يــتحد المالونيل معاون ACP-A مع الأستيل – ACP لينفرد ثانى أكسد الكربون CO2 و ACP ليتكون مركب الأسيتواستيل – ACP.

٤- يختــزل الأسيتواستيل – ACP ثم ينزع منه جزئ ماء ثم يختزل مره أخرى ليكون بيوتــيل – ACP الذى يتم ربطه مع وحدات المالونيل معاون – A حتى يتكون حمــض البالمتــيك ... الإنزيمات التى تقوم بعمليات تخليق الأحماضالدهنية هى: كربوكســيلاز الأســتيل معــاون-A وكذلك المعقد الإنزيمى المتضمن فى تخليق الأحماض الدهنية Fatty acid synthetase complex .

وخــلال عمليات تخليق الأحماض الدهنية يمكن إطالة (إضافة وحدات) إلى حمض البالمتــيك وكذلك يمكن تكوين روابط زوجية لتكوين أحماض دهنية وذلك من خلال إنزيمات الميتاكوندريا. فى الثدييات لايمكن إطالة الهيكل الكربونى للحمض الدهنى أكثر مــن ١٨ ذرة كــربون وكذلك فإن عملية عدم التشبع وإضافة روابط زوجية تعتبر محــدودة حتى أوميجا ٩ (n-9) أى الموقع التاسع. بعض أنواع الأسماك مثل السالمون يمكــنه إطالــة السلسلة الكربونية للأحماض الدهنى عن ١٨ ذرة كربون وبعض أنواع الأسمــاك يمكنها إضافة روابط زوجية على الموقع السادس (n6) وكذلك على الموقع

التاسع (n9). معظم الأحماض الدهنية عالية عدم التشبع للموجودة فى أنسجة الأسماك يكون مصدرها الغذاء الموجود أساساً فى بعض النباتات المائية والكائنات المائية الدقيقة.

ثلاثة من الأحماض الدهنية المخلقة أو أسيل الحمض الدهنى معاون-A تتحد مع جزئ من الجليسيرول أحادى الفوسفات (الآتى من حرق الجلوكوز من خلال مركب ديهيدروكسى فوسفات الأسيتون) بروابط استيرية لتكون الجليسيريدات الثلاثية (الدهون). ويعتبر الكبد وكذلك الأنسجة الدهنية بالجسم الأماكن الأساسية فى عملية تخليق الأحماض الدهنية.

عمليات هدم الدهون فى أجسام الأسماك يبدو أنها مشابهه إلى حد كبير كما هو الحال فى هدم الدهون بالثدييات. ويمكن تلخيص عمليات هدم الدهون فى الأسماك فى الخطوات التاليه:

(١) تتم فسفرة الجليسرول ليتحول إلى دهيدروكسى فوسفات الأسيتون ويدخل بذلك إلى دورة تمثيل الكربوهيدرات الآهوائية ليتحول إلى جلوكوز أو يتحول إلى بيروفات ومنها إلى الدورة الهوائية (دورة الأحماض الثلاثية) ليحرق وينتج ماء وثانى أكسيد الكربون وتنطلق الطاقة.

(٢) بالنسبة للأحماض الدهنية يحدث لها تنشيط وتتحول إلى أسيل معاون A الذى يتحد مع الكارنيتين carnitine لتدخل إلى الميتاكوندريا لأكسدتها. الكارنيتين يخرج مره أخرى إلى السيتوزول cytosol أما أسيل الحمض الدهنى معاون-A فإنه يتحول إلى مجاميع كل منها يحتوى على ذرتين كربون تتجه كل مجموعة إلى دورة الأحماض الثلاثية فى صورة أستيل معاون A . تعرف هذه العملية بالأكسدة بيتا β-oxidation وتستمر هذه العمليه إلى أن تتم إزالة جميع ذرات الكربون من الوسط الذى تتم فية عمليات التمثيل الغذائى.

معظـــم الدهـــون التى يتم أكسدتها فى الجسم يكون مصدرها الدهن المخزن. تتم عملية إنطلاق الجلسريدات الثلاثية من الدهن المخزن بالجسم تحت تحكـــم هرمونى. تحلل الأحماض الدهنية إلى جليسرين وأحماض دهنية حرة فى الأنســـجة الدهنية المخزن بها الدهن. تدخل الأحماض الدهنية الحرة إلى الدورة الدموية من خلال إرتباطها مع نوع معين من البروتين. خلال فترات الإمتناع عن الأكل (الصيام) يظهر فى الثدييات تراكم الأجسام الكيتونية **ketosis** الناتج عن تكـــوين كميات كبيرة من الأستيل معاون-A فى دورة الأحماض الثلاثية بقدر أكبر من الأوكسالوخلات لإستكمال الدورة. يتحول أستيل معاون-A الزائد إلى أحمـــاض كيتونية تؤدى إلى زيادة حموضة الدم. الأسماك العظمية ثبت أنها تنتج كميات معنوية من الأجسام الكيتونية مما يفسر بأنها أكثر قدرة من الثدييات فى إستخدام الدهون وأكسدتها لإنتاج الطاقة.

تمثيل الأحماض الأمينية Amino acids metabolism

يعتـــبر الكـــبد هو العنصر المسئول عن المحافظة على محتوى الجسم من الأحمـــاض الأمينية. ومصادر الأحماض الأمينية بالجسم هى الغذاء وهو مصدر غـــير مستمر لإمداد الجسم بها بالإضافة إلى الأحماض الأمينية الناتجة عن هدم الـــبروتينات بالجسم والتى تعتبر مصدراً مستمراً لتدفقها إلى الأنسجة المختلفة- للحفـــاظ علـــى مســـتوى الأحماض الأمينية بالجسم فى حالة ثبات نسبى فإن الأحمـــاض الأمينـــية تستخدم فى أغراض تخليق البروتينات والأحماض النووية والإنزيمات إلى آخره أو أنها تستخدم مباشرة فى إنتاج الطاقة أو تخزن بعد إزالة مجاميع الأمين منها فى صورة دهن بالجسم.

تخليق البروتين Synthesis of protein

تخليق البروتين فى أجسام الحيوانات من العمليات المعقدة جداً حيث تتضمن الحمض النووى الديزوكسى ريبوز (DNA) والحمض النووى الريبوز (RNA) وكذلك ال DNA الموجود فى الريبوزومات ribosomes وهو مكون من مكونات كروموزومات الخلية يحمل المعلومات الوراثية بالخلية وينقل الصفات المتوارثه من جيل إلى الجيل التالى له. ويتكون الحمض النووى DNA من أربعة أنواع من القواعد الآزوتية (الأدنين ، الجوانين ، السيتوزين والثيامين) التى ترتبط مع بعضها بروابط فوسفاتية ومجاميع من الديزوكسى ريبوز بالتبادل. وجزئ الحمض النووى DNA يكون فى صورة ضفيرة طويلة مزدوجة double helix تحتوى على سلسلتين فى إتجاهين متعاكسين ترتبطان ببعضها بروابط هيدروجينية حيث يتقابل دائما قاعدة الأدنين مع الثيامين والجوانين ترتبط بالسيتوزين. وتتابع القواعد الآزوتية يؤدي إلى تباينات لانهائية كل من هذه التباينات يحدد نوع البروتين المراد تخليقه. والحمض النووى DNA يتحكم فى تطور الكائن الحى من خلال تحكمه فى تكوين الحمض النووى RNA – وتركيب الحمض النووى RNA يطابق تركيب DNA فيما عدا أن الريبوز هو السكر المكون للأول والديزوكسى ريبوز هو المكون للثانى وأن القاعدة الآزوتية اليوراسيل فى الأول تحل محل الثيامين فى الثانى. النيوكليوتيدات الخاصة بالحمض النووى RNA ترتبط ببعضها من خلال مجاميع الفوسفات لتكون سلسلة طويلة مفردة والتى تنثنى فى بعض المناطق لتكون الضفائر المزدوجة.

هناك ثلاثة أنواع من الحمض النووى RNA بالخلايا تشترك فى عمليات تخليق البروتين هى:

- الحمض النووى m-RNA حامل الرسالة أو الشفرة massenger RNA
- الحمض النووى t-RNA الناقل transfer RNA
- الحمض النووى r-RNA الريبوزومى ribosomal RNA

الحمض النووى m-RNA حامل الشفرة يقوم بنقل المعلومات أو الشفرة الوراثية الآتيه إليه من الحمض النووى DNA والتى تحدد تتابع الأحماض الأمينية فى البروتين المطلوب تخليقة وتكوينه. أما الحمض النووى الناقل t-RNA فيقوم بنقل الأحماض الأمينية المعينة (الموجودة بالشفرة) إلى الريبوزومات حيث تتحد مع الحمض النووى m-RNA (حامل الشفره). الحمض النووى الريبوزومى r-RNA هو مكون من مكونات الريبوزوم حيث يتم إنتاج البروتين فى الخلية. وحيث أن الأحماض الأمينية ترتبط فى جزئ البروتين بطريقة يحددها تتابع القواعد الآزوتيه فى الحمض النووى m-RNA (حامل الشفرة) فإنما تكون ترجمة DNA الأساسى الذى يتحكم فى إنتاج RNA الشبيه به إلى حد ما.

تتم إضافة الأحماض الأمينية إلى البيتيد العديد المكون للبروتين المطلوب تخليقة بسرعة كبيرة فعلى سبيل المثال فإن تكوين سلسلة بروتين الهيموجلوبين تحدث بإتحاد حمضين أمينيين إلى السلسلة المتكونه كل ثانية بحيث أن جزئ بروتين الهيموجلوبين المحتوى على حوالى ١٤١-١٤٦ حمض أمينى يخلق خلال ٥ر١ دقيقة.

عموماً معدل تخليق البروتين فى الأسماك يختلف بإختلاف أنواعها وهو عموماً أقل من معدله فى الحيوانات الأرضية. فمثلاً مع التغذية المركزة لطيور اللحم فإن الطائر الذى يزن ٤٠ جرام بعد الفقس ينمو حوالى ٨ر١ كجم مضاعفاً وزنه

٤٥ مـــره خلال ٧-٨ أسابيع فى حين أن سمكة القرموط اليافعة (٢٠ جم) أى فى حجم الأصبعة يمكنها مع إستخدام التغذية المركزة والمكثفة زيادة وزنها من ٤-٨ مرات خلال نفس الفترة.

المعلـــومات عن معدلات تكوين البروتين فى الأسماك شحيحة جداً ولكن وجد أن الفأر يمكنه تكوين ٧٠٠ ملجرام بروتين فى عضلاته لكل ١٠٠ جرام من وزنـــه الحـــى فى اليوم. وبالرغم من ذلك فإن المحصله النهائية تتكون فى هذا الفأر حـــوالى ١٥٠ ملجرام من الأنسجة الجديدة مما يفسر معدل السرعة العاليه التى تتم بهـــا دورة الـــبروتين فى الجســـم من بناء وإستخدام. ثابت الإتزان (K_m) الخاص بالإنـــزيمات المتضمنه فى عمليات تخليق البروتين فى أنسجة الثدييات أقل بكثير من ذلك الخاص بإنزيمات تكسيرة وتكسير الأحماض الأمينية مما يعنى أن تخليق البروتين يمكن أن يتم عند تركيزات الأحماض الأمينيه القليله جداً ولكن على الجانب الآخر فإنـــه فى حالـــة هدم البروتينات فلابد من توافر الأحماض الأمينيه بتركيزات أعلى نسبياً.

هدم الأحماض الأمينية وإخراج النيتروجين

Amino Acid catabolism

لاتخـــزن الأحماض الأمينية فى صورتها كأحماض أمينية بالجسم بكميات كـــبيرة مثل الدهون أو الكربوهيدرات ولذلك فالزائد عن حاجة الجسم منها يحـــدث لـــه نـــزع لمجموعة الأمين وتتم أكسدة الهياكل الكربونية الخاصة بها لإســـتخدامها فى إنتاج الطاقة أو تخزن فى صورة دهون بالجسم أو تتحول إلى مـــركبات أخرى يحتاج الجسم إليها. تزال المجاميع الأمينيه من خلال عمليات نقـــل الأمين بواسطة الإنزيمات الناقلة لمثل هذه المجاميع أو من خلال عمليات أكســـدة مجاميع الأمين oxidative deamination. ويبدو أن عمليات نقل

مجاميع الأمين transamination تعتبر العمليه الرئيسية فى نزع مجاميع الأمين فى التمثيل الغذائى للأسماك حيث تتضمن نقل الأمونيا من الأحماض الأمينية إلى حمـــض ألفاكيـــتو وهـــو عادة مايكون الحمض الكيتوى الفاكيتو جلوتارات. الإنزيمات الناقله لمجاميع الأمين تظهر تخصصاً للحمض الأمينى المعين الذى يقوم بنقل مجاميع الأمين منه ويعتبر فيتامين ب٦ عاملاً مساعداً لهذه الإنزيمات لإتمام فعلـــها. والحمض الفاكيتو المستقبل لمجاميع الأمين المنقوله يقوم بالتخلص من الأمونيا خلال عملية الأكسدة الأمينية وذلك لإخراج هذه الأمونيا من الجسم أو لـــنقلها إلى أحمـــاض كيتونية لتتكون منها أحماض أمينية جديدة أو قد تتم عملـــيات نقـــل الأمونـــيا بالجســـم مسيرة أخـــرى خـــلال عمليات نقلها transamination. الأحمـــاض الكيتونـــية المتبقية بعد نزع مجاميع الأمين من الحمض الأمينى تتأكسد لإنتاج الطاقة أو تتحول إلى دهن مخزن بالجسم أو تخلق منها مركبات أخرى يحتاج الجسم إليها.

من الأحماض الدهنية الأساسية التى لاتكون متضمنه ومساهمه فى عمليات نقـــل الأمـــين كل من الحمضين الليسين والثريونين. ويحدد الهيكل الكربونى للحمـــض الأمـــينى إمكانية تخليقه بالجسم من عدمه لهذا ترجع أهمية الحمض الأمينى فى أنه ضرورى من عدمه إلى إمكانية الجسم فى تخليق هيكله الكربونى. الأحمـــاض الكيتونـــية لجمـــيع الأحماض الأمينية الضرورية فيما عدا الليسين والثـــريونين يمكن نقل مجاميع الأمين إليها لتكوين الحمض الأمينى المقابل خلال عمليات التمثيل الغذائى وهى بذلك مصادر للأحماض الأمينية الضرورية. وبمعنى آخـــر فإنـــه إذا توافـــر الهيكل الربونى لحمض أمينى ضرورى (ماعدا اليسين والثـــريونين) فـــإن الجسم يستطيع تخليق هذه الأحماض الأمينية من خلال نقل مجاميع الأمين إلى هياكلها الكربونية المتاحة.

وعملية الأكسدة الأمينية تعتبر فى بعض الأحيان البداية فى تفاعلات نزع مجاميع الأمين. وهذه العملية تعتبر من العمليات المولدة للطاقة بالجسم وتقوم بها إنـــزيمات الهدرجـــة التى تقوم بنزع الأيدروجين dehydrogenases وتكون نواتج هذه الأكسدة الأمينية الأمونيا الحرة والحمض الكيتونى الفاكيتو حيث أن الأمونيا الناتجة خلال هذه العملية لاتنقل إلى حمض آخر.

معظـــم الفقاريات الأرضية تقوم بإخراج الأمونيا من أجسامها فى البول فى صـــورة يـــوريا urea إلا أن الزواحف والطيور تفرز الأمونيا الزائدة فى أجســـامها فى صـــورة حمض بوليك وهذا لايحتاج إلى الماء لإخراجة. الأسماك العظمـــية تفرز مابين ٦٠-٩٠% من النيتروجين الزائد فى أجسامها فى صورة أمونـــيا ومعظمها يفرز من خلال الخياشيم أما بقية الأمونيا الزائدة عن حاجة الجســـم فيتم إخراجها فى صورة مركبات أخرى مثل اليوريا وحمض البوليك والكرياتين وأكسيد الترای ميثيل أمين أو فى صورة أحماض أمينية يتخلص منها الجسم. ويبدو أن دورة الأرنيثين-سترولين والأرجينين الخاصة بإنتاج اليوريا فى الثديـــيات ليســـت هى الدورة الخاصة بإنتاج اليوريا فى الأسماك. بعض أنواع الأسمـــاك بما فيها اسماك القرش تحتفظ بمستويات عالية من اليوريا فى أجسامها لإستخدامها فى عمليات التنظيم الأسموزى بأجسامها.

إخراج الأزوت الزائد فى الجسم فى صورة أمونيا يعتبر الطريق الأساسى للتخلص من النيتروجين بكفاءة عالية فى الأسماك. ومن الواضح أن الطاقة التى تســـتخدم فى تخلـــيق الـــيوريا وإفرازها أكبر بكثير عن تلك اللآزمة لتخليق النيتروجين فى صورة أمونيا. الأمونيا الغير متأينة تذوب فى الدهون لذلك فهى تتحرك بسهولة خلال أغشية الخلايا ولاتسبب فقدان فى محتوى الجسم من الماء كمـــا هـــو الحال عند التخلص من اليوريا فى البول. الأمونيا الغير متأينة تعتبر

قاعـــدة (قلـــوى) قوية نسبياً وهى ذات سمية عالية إذا لم تفرز من الجسم فور تكوينها بسرعة فى حين أن اليوريا تعتبر من القواعد الضعيفة وهى أقل سمية إذا مـــا تجمعـــت فى جسم الحيوان. وتحتاج عملية تخليق اليوريا بالجسم إلى طاقة لـــذلك فـــإن الجســـم يحتاج إلى ATP لتخليقها. يحتاج الجسم أيضاً إلى الماء لإخـــراج الـــيوريا المتكونة خارج الجسم عن طريق البول وبالتالى تعتبر هذه العملـــية من نقاط الضعف فى أسماك المياه المالحة حيث تحتاج هذه الأسماك إلى تخـــزين كميات من الماء بأجسامها للحفاظ على الإتزان الملحى الأسموزى فى أجسامها ثابتاً.

معظـــم الأمونـــيا فى ســـوائل أجسام الأسماك تكون فى الصورة المتأينة (الصـــورة الأقل سمية) أى فى صورة NH_4^+ . فى درجة الحموضة القرسبة من pH قيمـــتة ٧ فإن النسبة بين الأمونيا الغير متأينة NH_3 إلى الأمونيا المتأينة (NH_4^-) تكون فى حدود ١ : ١٠٠. ولكى تخترق الأمونيا غشاء الخلية فإنها لابـــد وأن تكـــون فى الصـــورة الغير متأينة وهى الصورة الذائبة فى الدهون. وبالـــرغم مـــن وجـــود ١% فقط من الأمونيا الغير متأينة على أسطح اغشية الخلايـــا فإن ذلك لايعتبر مشكلة وذلك بسبب سرعة تحول الأمونيا المتأينة إلى صـــورها الغـــير المتأيـــنة التى يمكنها الإنتشار بسرعة من السوائل داخل الخلية بالجســـم إلى الخياشيم ومن الأغشية المبطنة للخياشيم إلى الماء. وجد ان حوالى ٦٠% مـــن الأمونيا المفرزة فى الأسماك إلى خارج الجسم من خلال الخياشيم يكون مصدرها أمونيا الدم وحوالى ٤٠% من الأمونيا المفرزة يكون مصدرها الأحماض الأمينية التى تم نزع مجاميع الأمين الخاص بها بداخل خلايا الخياشيم.

ومشكلة إفراز الأمونيا فى الأسماك ينحصر فى إخراجها من الخياشيم إلى الماء خارج الجسم. إذا ما كان تركيز الأمونيا وكذلك درجة حموضة حموضة

المـــاء منخفضـــاً بالنسبة إلى نسبتها فى سوائل جسم الأسماك فإن الأمونيا الغير متأينة (NH_3) تنتشر بسرعة من الخياشيم إلى الماء المحيط بالأسماك. عند خروج الأمونـــيا الغـــير متأينة من خلال أغشية الخلايا الخاصة بالخياشيم إلى الماء فإنها تتحول إلى أمونيا متأينة ($NH4^+$) ويعتمد معدل التحول على درجة pH الماء. عند إرتفاع درجة pH الماء (زيادة القلوية) يزداد تركيز الأمونيا المتأينة بالنسبة للأمونيا الغير متأينة (+NH4) وهذا يؤدى إلى أن تصبح عملية خروج الأمونيا الغير متأينة من الخياشيم إلى الماء صعبة. وعند زيادة تركيز الأمونيا الغير متأينة فى الماء فإن خروج الأمونيا الغير متأينة من الأنسجة الطلائية للخياشيم إلى الماء يتحول إلى الإتجاه المعاكس.

ومعدلات إنتاج الأمونيا فى نظم الإستزراع السمكى تتوقف على كمية ونوعية البروتين المأكول خاصة الأحماض الأمينية الداخلة فى تكوينة ونوعيتها.

تم تقدير الأحماض الأمينية الداخلة فى تكوين جزيئات البروتين المأكول والتى لم تســتخدم فى بـــناء أنسجة جديدة بالجسم وتم إخراجها بعد أن أزيلت مجاميع الأمـــين الخاصـــة بها وتم إفراز النيتروجين الداخل فى تكوينها. وجد أنه إذا ماكان الـــبروتين المأكول فقيراً فى إتزان الأحماض الأمينية الداخلة فى تكوينة فإن قليلاً من الـــبروتين الماكـــول سيتم تخليقة فى صورة أنسجة جسمية وبالتالى فإن الأحماض الأمينـــية التى لم تستخدم فى إنتاج بروتين جسمى سيتم نزع مجاميع الأمين الخاصة بها ويقوم الجسم بإخراجها فى صورة أمونيا.

وجـــد أن كمية الأمونيا المنتجة بواسطة إ كجم من أسماك القرموط المغذاه علـــى علـــيقة تحـــتوى علـــى ٣٢% بـــروتين تكون فى حدود ٦٠٠ ملليجرام أمونـــيا/كجـــم من وزن الأسماك فى اليوم. الحاسابات السابقة بنيت على أساس الفروض الآتيه:

تستهلك السمكة ٢٥ جرام من العلف لكل كجم من الوزن الحى فى اليوم.

٤٠% من البروتين يتم إختجازه فى الجسم.

٤٠% يفرز من الجسم فى صورة أمونيا أو نواتجها التى تتحول إلى أمونيا بواسطة البكتريا.

وتكون حسابات الأمونيا بناءاً على المعطيات السابقة كالآتى:

٢٥ جيجم × ٣٢% بروتين ×(١٦% نيتروجين فى البروتين) ×(٠,٤ × من الأمونيا المفرزة) × ١,٢ لحم NH_3 لكل جرام نيتروجين = ٦١٠ ملليجرام أمونيا.

ومستوى الأمونيا الغير متأينة المميت (الحد المميت) فى أسماك القرموط يقدر بحوالى ٢,٥ ملليجرام لكل لتر من الماء، وجد أن المستويات تحت المميتة من الأمونيا الغير متأينه (NH_3) فى أسماك القرموط والسالمون والتى تسبب إتلافاً لأنسجة الخياشيم تتراوح بين ٠,١٢ إلى ٠,٤ ملليجرام أمونيا غير متأينه لكل لتر من الماء.

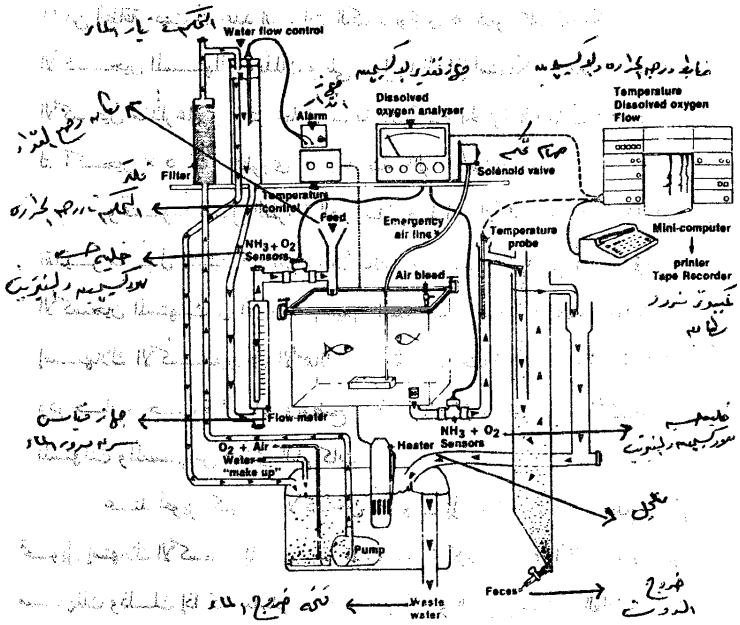
معدلات التمثيل الغذائى وإستهلاك الأكسجين فى الأسماك Metabolic rate

يتأثر معدل التمثيل الغذائى وإستهلاك الأكسجين فى الأسماك أساساً بدرجة حرارة وعمر الأسماك وحجمها ومدى نشاطها فى إستهلاك الغذاء وكذلك تركيز الأكسجين الذائب فى الماء. يتأثر معدل التمثيل الغذائى فى الأسماك أيضاً بتركيز الأمونيا والنيتريت ومحتوى الماء من المواد والمركبات الأخرى وكذلك وجود أو المعاملة بالهرمونات وأمراض النقص الغذائى وبعض العوامل الأخرى. وبخلاف الحيوانات ذات الدم الحار فالتمثيل الغذائى فى الأسماك يرتبط إرتباطاً كبيراً بدرجة حرارة الماء ، لذلك فإن إستجابة الأسماك للضغوط والإجهادات وكذلك أعراض

نقص مركبات الغذاء تكون بصورة بطيئة عند درجات الحرارة المنخفضة. يعبر عن معـــدل التمثيل الغذائى فى الثدييات بكمية الحرارة المنتجة (كيلوكالورى/كجم من وزن الجســـم/ساعة) وهذه الحرارة يمكن تقديرها بوضع الحيوان فى جهاز لقياس الحرارة الناتجة مباشرة أو بطريقة غير مباشرة بقياس كميات الأكسجين المستهلكة ثم حساب كمية الحرارة المنتجة بضرب كمية الأكسجين المستهلكة بالقيم المعادلة لها من الطاقة حيث أن عدد السعرات الكبيرة توازى ٥ كيلو كالورى لكل لتر من الأكســـجين المســـتهلك وبذلك وعلى سبيل المثال إذا أستهلكت سمكة كمية من الأكسجين مقدارها ٥ر١ لتر خلال ساعة فإن كمية الحرارة الناتجة تساوى ٥ر١ لتر أكسجين × ٥ كيلو كالورى = ٥ر٧ كيلوكالورى/ساعة.

وعمـــوماً تفضل الطريقة الغير مباشرة بقياس الأكسجين المستهلك فى تقديـــر معـــدل التمثيل الغذائى فى الأسماك. تم تصميم العديد من أجهزة قياس الأكسجين المستهلك فى الأسماك وجميعها استخدمت بنجاح فى قياس معدلات إســـتهلاك الأكســـجين فى الأسماك تحت ظروف مختلفة من النشاط والتغذية ودرجـــات حـــرارة المـــاء. ويوضح شكل (٦-٤) جهاز قياس الأكسجين المستهلك والمصمم من إحدى الشركات.

عـــند تحويل كمية من الأكسجين المستهلك إلى حرارة منتجة يستخدم معامل تحـــويل إستهلاك الأكسجين إلى سعرات مقداره ٦٣ر٤ كيلو كالورى لكل لتر أكسجين مســـتهلك وذلـــك إذا كان مصدر الطاقة هو البروتين أو الدهن ويستخدم العامل ٨٠ر٤ كـــيلو كالورى لكل لتر من الأكسجين المستهلك إذا ما كانت الكربوهيدرات هى مصدر الطاقة.



شكل (٦-٤): جهاز قياس معدلات إستهلاك الأكسجين والتنفس فى الأسماك مجهز بحوض للأسماك ومجموعة جمع الروث وجهاز قياس الأكسجين المستهلك وكذلك درجة حرارة الماء.

والمعلومات عن معدلات التمثيل الغذائى فى الأسماك تحت الظروف المختلفة لها أهمية تطبيقية كبيرة حيث يعتمد عليها فى تقدير مستويات الطاقة فى العلائق المقدمة للأسماك تحت الظروف المختلفة وكذلك الأغراض الإنتاجية المختلفة. فعلى سبيل المثال فإن كمية الطاقـــة المفقودة heat increment يمكن حسابها من بيانات قياس معدلات التمثيل الغذائى. كذلك قياس معدلات الأكسجين فى الأسماك تساعد كثيراً فى حسابات السعة التحميلية للمسطح المائى المربى به الأسماك وكذلك حساب معدلات التهوية اللآزمه لهذا المسطح ومعدلات تجديد الماء فى نظم الإستزراع السمكى المختلفة. ويتأثر معدل التمثيل الغذائى فى الأسماك بالعوامل التالية:

١- تـــأثير درجة حرارة الماء: لدرجة حرارة الوسط تأثير بسيط على معدلات التمثيل الغذائى فى الحيوانات ذات الدم الحار خاصة إذا لم تتجاوز حدود الموائمة الذاتية لها سواء بالنقص أو الزيادة. فى الأسماك يختلف معدل التمثيل الغذائى مباشرة بإختلاف درجـــة الحرارة حيث وجد أن معدل التمثيل الغذائى يزداد مع كل ١٠ درجات زيادة فى درجة حرارة الماء (Q10) حتى درجة الحرارة المثلى الخاصة بكل نوع.

٢- تأثير حجم الأسماك: وجد أن معدل إستهلاك الأكسجين ينخفض مع زيادة حجم الأسماك سواء التى تتغذى أو الممنوع عنها الغذاء.

٣- تأثير التغذية: فى الثدييات يزداد معدل التمثيل الغذائى بعد تناول العلائق الخاصه بها ويكون ذلك مصاحباً لفقد حوالى ٣٠% من محتوى العلائق من الطاقة. وهذا الفقد الحرارى بعد تناول الغذاء أقل فى الأسماك حيث يتراوح مابين ١٠-١٥% من طاقة الغـــذاء المأكول. الزيادة فى معدلات التمثيل الغذائى ترجع أساساً للتمثيل الغذائى للأحماض الأمينية المأكولة أو الناتجة بعد هضم البروتين حيث وجدت علاقة طردية

مابين نسبة بروتين العلف ومعدل التمثيل الغذائى فى كل الحيوانات ذات الدم الحار والأسماك:

المراجع العربية

١- أساسيات انتاج الأسماك

أ.د / أسامة محمد الحسيني د / أشرف محمد عبدالسميع

٢- حياتية الأسماك

د/ هاشم عبدالرازق أحمد د / فرحان احمد محيسن

٣- الأسس العلمية لإنتاج وتربية الأسماك

أ.د / نبيل فهمي عبدالحكيم أ.د / سني الدين صادق

٤- أسس إنشاء المزارع السمكية

أ.د / نبيل فهمي عبدالحكيم أ.د / سني الدين صادق

٥- البيئة المائية للمزارع السمكية

أ.د/ نبيل فهمي عبدالحكيم د/ محمد نجيب بكير

د/ مجدى عبدالحميد سلطان

المراجع الأجنبية

- De Silva , S.S and Anderson, T.A.(1998). Fish nutrition in aquaculture .
- Lovell, R.T. (1998). Nutrition and feeding of fish.
- Steffens,W. (1989). Principles of fish nutrition.
- Abdel- Hakim, N.F. *et al.* (2001) . The effect of different protein levels on the reproductive performance of *Clarias gariepinus* brood stock . J.Egyptian . Acad. Environ.Develop. (B.Aquaculture)Vol. 1,No.(1),19-28
- Abdel- Hakim, N.F. *et al.* (2001) . Effect of protein level and stocking density on growth performance of Nil Tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in tanks. Egypt.J. Nutrition and feeds . (Special issue) 763-780.
- Abdel- Hakim, N.F. et al. (1999). Effect of protein : energy ratio in common carp (*Cyprinus carpio*) diets on growth performance and sexual maturation. J. Egypt, Vet. Med. Assos., 59, No7, 1-22.
- Abdel-warith,A.A, Russell, P.M. and S.J. Davies (2001). Inclusion of a commercial poultry by-product meal as a protein replacement of fish meal in practical diets for African catfish *Clarias gariepinus*. Aquaculture Res.,32: 296-305 .
- Abdel-warith,A.A. (2002). Suitability of selected raw materials and by-products in formulated feeds for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and African catfish *Clarias gariepinus* . Ph.D thesis fish nutrition unit, dept. of Biological Sci. Plymouth Univ. UK.

رقم الإيداع بدار الكتب المصرية
٢٠٠٤ / ٧٧٠٧

الترقيم الدولى
I.S.B.N.
977-17-1395-7